ஆலய மணி

ஆர். கே. விசுவநாதன், எம்.ஏ.

மதுரைத் தமிழ்ச் சங்கம் * THE MADURA TAMILSANGAM *

உரிமை பதிவு]

கலைமகள் காரியாலயம்
மயிலாப்பூர் :: சென்னை

[விலை ரூ. 2/8

முதற் பதிப்பு 1946

இவ்வாசிரியரின் வேறு நூல்கள் :

பௌதிக நூல்
ஸங்கீத ஒலி நூல்
ஒளியும் ஒலியும்

Printed at the Madras Law Journal Press, Mylapore, Madras.
MS. 76—1st May, 1946—1500c.

சமர்ப்பணம்

இந்நூல் வெளிவருவதில் ஆர்வம் காட்டிப்
பொருளுதவி வழங்கிய

திருப்பனந்தாள் - காசி மடம்

ஸ்ரீலஸ்ரீ காசிவாசி அருணந்தித் தம்பிரான்
ஸ்வாமிகளவர்களுக்கு

முகவுரை

என் நண்பர் ஆர். கே. விசுவநாதன் அவர்கள் ஆலய மணி மூலமாகத் தாம் எழுதிய கட்டுரைகளை ஒன்று சேர்த்து எவ்விதத்தில் விஞ்ஞான சாஸ்திரத்தைப் படிக்கலாமென்று தமிழ் மக்களுக்கு வழிகாட்டி யிருக்கிறார். நமது தாய்மொழியில் இருந்தால்தான் நம் ஜனங்கள் உலகத்தில் நடக்கும் சம்பவங்களை நன்கு அறிந்து கொள்ளலாம். மைக்கேல் பாரடே என்பவரைப் பற்றி இவர் எழுதியுள்ள கட்டுரை எனக்கு அநேக ஞாபகங்களை உண்டாக்குகிறது. ஐன்ஸ்டைனைப் பற்றியும் நம் தமிழ் மக்கள் அவர் செய்த தேச சேவையை நன்றாக அறிந்து கொள்ளும்படியாக விளக்கியிருக்கிறார். இவர் இக் கட்டுரைகளால் தமிழ் வளர்ச்சிக்கு அரும் பெரும் சேவை செய்துவருகிறார். இப் புத்தகம் எல்லாத் தமிழகத்திலும் உபயோகிக்கப்பட வேண்டும். இதனால் நமது பண்பாட்டை எப்படி நாம் வளர்க்கலாமென்று நன்கு அறிந்து கொள்ளலாம். இவரது சேவையைத் தமிழகம் போற்ற வேண்டும். நான் விஞ்ஞான சாஸ்திர ஆராய்ச்சிக்காரனல்ல. ஆயினும் இப் புத்தகம் என் மனத்தைக் கவர்ந்திருக்கிறது. இவர் தமிழுக்கு அநேக வருஷங்கள் சேவை செய்யவேண்டுமென்று ஈசனைப் பிரார்த்திக்கிறேன்.

திருச்செங்கோடு,
16—4—'46.

ப. சுப்பராயன்

நன்றியுரை

“சென்றிடுவீர் எட்டுத் திக்கும் கலைச் செல்வங்கள் யாவுங் கொணர்ந்திங்குச் சேர்ப்பீர்” என்று மகாகவி சுப்பிரமணிய பாரதியார் விடுத்த கட்டளையைச் சிரமேற் கொண்டு செய்த பணி இது. இந் நூல் வெளிவருவதற்கு எனக்கு ஆதரவு அளித்த திருப்பனந்தாள் ஸ்ரீலஸ்ரீ காசி வாசி அருணந்தித் தம்பிரான் ஸ்வாமிகள் அவர்களுக்கு நன்றி யறிவித்தல் எனது முதற் கடன்.

இதில் அடங்கியுள்ள கட்டுரைகளில் பல கலைமகள், காவேரி, பாரதமணி, செந்தமிழ்ச் செல்வி என்னும் மாதப் பத்திரிகைகளில் வெளிவந்தவை. ஆலயமணி, கம்பி வாத்தியங்கள், காற்று வாத்தியங்கள் என்னும் கட்டுரைகள் திருச்சி ரேடியோ நிலயத்தில் வாசிக்கப்பட்டவை. இப் பத்திரிகைகளின் ஆசிரியர்களுக்கும் திருச்சி ரேடியோ நிலய அதிகாரிக்கும் எனது வந்தனம் உரித்தாகும்.

இதற்கு முகவுரை எழுதியுள்ள சென்னை மாஜி கல்வி மந்திரி டாக்டர் சுப்பராயன் அவர்களுக்கு என் மனமார்ந்த நன்றியைத் தெரிவித்துக்கொள்ளுகிறேன். வந்தே மாதரம்.

ஆர். கே. விசுவநாதன்

பொருளடக்கம்

		பக்கம்
	சமர்ப்பணம்	iii
	முகவுரை	v
	நன்றியுரை	vii
	விஞ்ஞானம்	1
1.	ஆலய மணி	5
2.	வன்னக் களஞ்சியம்	13
3.	ஆகாயக் கப்பலும் விமானங்களும் ...	23
4.	சூரியனும் சந்திரனும்	31
5.	ஸங்கீதம்	39
6.	ஒலிபெருக்கலும் பரப்பலும் ...	47
7.	விண்ணியல் கிரணங்கள் ...	58
8.	மைகேல் பாரடே	67
9.	சிக்கலும் பிசுக்கும்	77
10.	கம்பி வாத்தியங்கள்	83
11.	காகிதம்	97
12.	நிலத்தின் காந்தப்புலம்	107
13.	வாசனைப் பொருள்கள்	117
14.	காற்று மண்டலம்	128
15.	சுழற்சி	134
16.	ஐன்ஸ்டைனின் தத்துவம் ...	141
17.	கேளாத ஒலி	148
18.	காற்று வாத்தியங்கள்	156
19.	குளிர்விக்கும் விதங்கள் ...	170
20.	காவேரி நதியும் மின்சார உற்பத்தியும்	181
21.	படிகங்கள்	191
22.	நக்ஷத்திரங்கள்	200
23.	மேட்டூர்ச் செயற்கைப் பொருள்கள் ...	209

THE MADURA TAMIL SANG

விஞ்ஞானம்

(முன்னுரை)

மனிதன் பூமியில் தோன்றிய காலத்தில், மின்னல், இடி, பூகம்பம், வெள்ளம் முதலிய இயற்கை நிகழ்ச்சிகளைக் கண்டு திகிலடைந்தான். நாளடைவில் அச்சம் நீங்கி அவற்றைக் கவனிக்கலானான். தீ, சுட்டபோதிலும் உணவுப் பொருள்களை வேகவைக்கவும், காட்டுமிருகங்களைத் துரத்தவும் பயன்படுவதை அறிந்தான். வெள்ளத்தினால் சேதம் ஏற்பட்டபோதிலும் தாகத்தைத் தணிக்க நீர் வேண்டியிருக்கிறது என்று கண்டான். இவ்வாறு அடைந்த அறிவை வாழ்க்கைக்குப் பயன்படுத்தி வரலானான். மீன் பிடித்தல், ஆடுமாடு வளர்த்தல், பயிரிடுதல் முதலிய தொழில்களைக் கற்று வீடுகள் கட்டிக்கொண்டு கூட்டமாக வசிக்கத் தெரிந்துகொண்டான். காலக்கிரமத்தில் எழுதப் படிக்கவும், அவனவன் சேமித்த பொருள்களை மாற்றிக்கொள்ளவும் கற்றுக்கொண்டான். அறிவு வளர்ச்சியில் மேன் மேலும் ஈடுபட்டான். இவ்வாறு பல ஆண்டுகள் சென்றன.

பதினெட்டாம் நூற்றாண்டிலிருந்து விஞ்ஞான அறிவு தழைத்து ஓங்க ஆரம்பித்தது. சுமார் நூற்றைம்பது வருஷங்களுக்குள் விஞ்ஞானம் அடைந்த வெற்றி நம் வாழ்க்கையையே முற்றும் மாற்றிவிட்டது. நம் வேலைகளில் பெரும்பாலானவற்றை நீராவி, மின்சார யந்திரங்களைக் கொண்டே நடத்தி வருகின்றோம். போக்கு வரவு சாதனங்கள், வியாபார வசதிகள் இவைகள் அதிகரித்ததால் உலகத்திலுள்ள

எல்லாப் பாகங்களும் ஒன்றேடொன்று நன்கு பிணைக்கப்பட்டன. பொதுமக்களின் வாழ்க்கைத் துறைகள் எல்லாவற்றிலும் விஞ்ஞானம் நன்கு பரவலாயிற்று. தற்கால நாகரிக வாழ்க்கைக்கு அவசியம் என்று கருதப்படுகிற ஸோப்புகள், மோட்டார்கள், ரேடியோக்கள் முதலிய கணக்கற்ற பொருள்களை மக்கள் உண்டுபண்ணினர்கள். இதில் ஐரோப்பிய நாடுகளே முன்னணியில் இருந்து ஆசியாவிலுள்ள நாடுகளில் இச் சாமான்களை வியாபாரம் செய்யத் தொடங்கின. வியாபாரத்துடன் நாடுகளையும் வசப்படுத்திக் கொள்ளும் வேலையும் ஆரம்பமாயிற்று. இந்தத் தொண்டில் ஐரோப்பிய நாடுகள் ஒன்றுக்கொன்று போட்டி போட்டன. அடிமைப்பட்ட நாடுகளும் விழித்துக்கொண்டன. எனவே உலகில் அமைதி கெட்டு எங்கும் கிளர்ச்சி ஏற்பட்டு வெடிகுண்டுகளாலும், விஷ வாயுக்களாலும் மக்கள் இறந்து வருகின்றனர். இதற்கெல்லாம் காரணம் விஞ்ஞானந்தான் என்று நினைத்து அதன்மீது பழியைச் சுமத்துவது இயல்பே. இதைத் தீர்மானிப்பதற்கு முன் விஞ்ஞானம் என்ன என்பதையும் அதைப் பயிலுவதால் நாம் அடையும் நன்மை தீமைகள் எவை என்பதையும் பற்றிச் சற்றுக் கவனிப்போம்.

விஞ்ஞானம் என்பது இவ்வுலகைப் பற்றியும், இயற்கையைப்பற்றியும் அறியப்பட்ட விஷயங்களை வகைப்படுத்திக் கூறுவதையே முக்கியமாகக்கொண்ட ஒரு கலை. பல நாடுகளில் பல காலங்களில் அறியப்பட்ட இயற்கையின் ரகசியங்களைச் சலித்துப் பார்த்து அவற்றினிடையே பொதுவாயுள்ள உண்மைகளை இது தொகுக்கிறது. இவற்றைப் பரிசோதனை

வாயிலாக நிரூபித்த பின்னரே இவை பிறருக்கு எடுத்துக் கூறப்படுகின்றன. இதில் உணர்ச்சியால் பாதிக்கப்பட்ட முடிவுகளும், அர்த்தமற்ற கொள்கைகளும் இடம்பெறு. எனவே நம்மிடையே தொன்றுதொட்டு இருந்துவந்த பல கருத்துக்கள் இதனுல் பாதிக்கப் பட்டன. விஞ்ஞானம், இயற்கை நிகழ்ச்சிகள் ஏன் ஏற்படுகின்றன என்பதைக் கூற முன் வரவில்லை; ஒரு வரையறைக்குள் அவை எவ்வாறு நிகழ்கின்றன என்பதையே அது கூற முயலுகின்றது. விஞ்ஞானத்தில், "விதி இயல் விஞ்ஞானம்" (Pure Science) என்றும், "விளைவு இயல் விஞ்ஞானம்" (Applied Science) என்றும் இரண்டு பகுதிகள் இருக்கின்றன. விதி இயல் விஞ்ஞானம் எனப்படுவது விளைவு இயலைக் கருதாது இயற்கை நிகழ்ச்சிகள் ஏற்படும் மூலகாரணங்களைக் கண்டுபிடிப்பதையே மேற்கொண்டிருக்கிறது. ஆனுல் விளைவியல் விஞ்ஞானமோ மானிட வாழ்க்கைக்கு வேண்டிய புதுவகைச் சாதனங்கள் கண்டு பிடிப்பதை மேற்கொண்டிருக்கிறது. பாமர மக்கள் விளைவியலையே நாடி, செயலின்பாற்பட்ட புதுச் சாதனங்களைக் கண்டுபிடித்த மார்கோனி, எடிஸன் போன்றவர்களுக்கும் விளைவியலைக் கருதாது சிந்தனையின்பாற்பட்ட புதுக் கொள்கைகளைக் கண்டுபிடித்த ரூதர்போடு, நம் நாட்டுச் சி. வி. ராமன் போன்ற விஞ்ஞானிகளுக்கும் இடையே உள்ள வேற்றுமையை உணர்வதில்லை. விளைவியல் விஞ்ஞானம் கேவலம் பணம் சம்பாதிப்பதையே முக்கியமாகக் கொண்டது. அறிவைப் பெருக்கும் ஆற்றலையே அடிப்படையாகக் கொண்ட விதியியல் விஞ்ஞானம் முற்சொன்னதை விட மேம்பட்டது. ஏனெனில் விளைவியல் விஞ்ஞா

னம் வாழ்க்கைக்கு வேண்டிய சாதனங்களை இயற்று வதைத் தவிர நாடுபிடிக்க அலையும் கொள்ளைக்காரர் களுக்கு வேண்டிய சாதனங்களையும் இயற்ற உபயோ கப்படுகிறது. இது விஞ்ஞானத்தின் குற்றமாகாது. கெட்ட வழிகளில் விஞ்ஞானத்தைச் செலுத்தும் மனி தர்களே இதற்குக் காரணமாவார்கள். இதற்காக விஞ்ஞானம் வேண்டாம் என்று நாம் சொல்வது தவருகும். விஞ்ஞானம் பயின்ருலன்றி இயற்கையைக் கண்டு வியப்படைவதைத் தவிர அதன் நிகழ்ச்சிகளுக் குக் காரணம் கண்டுபிடிக்க இயலாது போய்விடும். இன்னும் சில நன்மைகளையும் இழக்கவேண்டி நேரிடும். விஷயங்களை ஆராய்ந்து, தெளிந்த உண்மை எது என்று அறிய விஞ்ஞானம் நமக்கு வழிகாட்டு கிறது. இது போய்விடும். அன்றி 'ஒரு விஷயத்தை ஒருவர் சொன்ஞர்' என்று ஒப்புக்கொள்ளாமல் பரி சீலனை செய்த பின்னரே அதை மேற்கொள்ளவேண் டும் என்ற நியதி, பொறுமை, ஊன்றிக் கவனித்தல் முதலிய நற்குணங்களைப் பெற இடமில்லாமலும் போய்விடும். மிகப்பெரிய வானவியல் நிகழ்ச்சிகளி லிருந்து அதிநுட்பமாய் உள்ள அணுக்களிடையே ஏற் படும் நிகழ்ச்சிகள் வரையில் கண்காணித்து இயற்கை அன்னையின் பெருமையையும் அழகையும் வெளிப் படுத்துவதும் அசாத்தியமாகும். எனவே நல்வாழ்க் கையைச் சீரிய நோக்கமாகக் கொண்ட நாம் மேலும் விஞ்ஞானத்தைப் பயிலவேண்டும். ஆனல் விஞ்ஞா னம் விரவிய வாழ்க்கைக்கு ஏற்ற அறநெறி நிறுவப் பட்டாலன்றி ஹிட்லர், முஸோலினி போன்ற அசுரர்கள் விஞ்ஞானத்தைக் கெட்ட வழியில் உபயோ கிப்பதைத் தடுக்க முடியாது.

1

ஆலய மணி

ஒலி எழுப்புவதற்கு நம் முன்னோர்கள் கையாண்ட சாதனங்களுள் மணிகள் மிகவும் பழமையானவை. பூஜை வேளைகளில் கோவில்களில் பக்தர்களின் மனத்தைத் தியானத்தில் ஈடுபடச் செய்வதற்குப் பெரிய மணிகளும் சிறிய மணிகளும் வெகு காலமாக உபயோகப்பட்டு வருவதை நாம் அறிவோம். எல்லா ஒலிகளிலும் 'ஓம்' என்ற ஒலியையே நம் முன்னோர்கள் போற்றி வந்திருக்கின்றார்கள், இதற்கென்றே மணிகளைக் கையாண்டார்கள் போலும். தென்னிந்தியாவில் உள்ள ஒவ்வொரு கோவிலிலும் பெரிய மணி ஒன்று உண்டு. இம்மணிகளை வார்ப்பதற்கென்றே ஸ்தபதிகள் என்ற வகுப்பினர் இருக்கின்றனர். பரம்பரையாய் இவர்கள் இத்தொழிலில் ஈடுபட்டு வந்ததன் பயனாக இந்த நற்கலை மேன்மை பெற்றிருப்பது வியக்கத் தக்கதன்று. மக்களினிடையே சமய அறிவைப் பரப்புவதற்குப் புராணக் கதைகளைப் பக்தியில் சிறந்த பாகவதர்களைக் கொண்டு எடுத்துக் கூறும் வழக்கம் நம் நாட்டில் இன்னும் வழங்கி வருவதை நாம் அறிவோம். இவற்றை எடுத்துச் சொல்லும் போது மக்களின் ஊக்கம் தளராமல் இருப்பதற்காக இடையில் சங்கீதத்தையும் சேர்த்துக்கொள்வது உண்டு. அப்போது ஜாலரா என்ற இசைக் கருவிகளை உபயோகிப்பார்கள். இவை வட்ட வடிவமுள்ள உலோகத் தகடுகளேயாகும். இவற்றில் பல வகைகள் உண்டு. இவற்றுள் பிரசித்தி பெற்ற புண்டரீக

புரம் ஜாலராவைப்பற்றி அனைவரும் கேள்விப்பட்டிருக்கலாம். இவற்றை வார்ப்பதற்கும் ஸ்தபதிகள் உண்டு. ஒலி எழுப்புவதற்குத் தகடுகளைக் கிண்ணிகளாகவும் எடுத்துக்கொள்வதுண்டு. உதாரணமாக ஜலதரங்கம் என்ற வாத்தியத்தைக் கூறலாம். பீங்கான் கிண்ணிகளில் வேண்டுகிற அளவுக்கு ஜலத்தை எடுத்துக்கொண்டு, சிறு குச்சிகளினால் அவற்றைத் தட்டி ஸ்வரக் கிரமங்களின்படி ஒலிகளை எழுப்பி, ராகங்களையும் கீர்த்தனைகளையும் ஜலதரங்க வித்துவான்கள் வாசிப்பார்கள். இதைப் போலவே மேனாட்டார்கள் மணிதரங்கம் என்ற வாத்தியத்தைக் கையாண்டு வருகின்றார்கள். இதில் பெரிய மணிகள் பலவற்றை ஸ்வரக் கிரமங்களுக்குத் தகுந்தவாறு அமைத்துக் கொண்டு ஒலியை எழுப்பி அவர்கள் சங்கீதம் எழுப்புகிறார்கள். இந்த வாத்தியத்திற்கு ஆங்கிலத்தில் 'Carillon' என்று பெயர். ஐரோப்பாவில் 'ஆன்ட்வெர்ப்' என்ற இடத்தில் உள்ள இந்த வாத்தியம் பிரசித்தி பெற்றது.

இந்தக் கட்டுரையில் மணிகள் வார்க்கும் விதத்தையும் அவற்றின் ஒலியைப் பற்றிய சில விவரங்களையும் பார்ப்போம்.

முக்கால் பாகம் செம்பும் கால்பாகம் வெள்ளீயமும் கலந்த உலோகத்தில் பெரிய மணிகள் வார்க்கப்படுகின்றன. இவைகளில் சில, உருளை வடிவமாயும் (Cylindrical) சில, கூருருளை வடிவமாகவும் (Conical) மற்றும் சில, அரைக்கோள வடிவமாகவும் (Hemi Spherical) இருக்கும். பெரும்பாலனவற்றின் அடிப்பாகம் உருளை வடிவாயும் இருப்பதைக் காணலாம். உலோகத்தின் தடிப்பு, மணி முழுவதும் ஒரே

அளவினதாய் இராமல் அடியிலிருந்து வாய்க்குச் செல்லச் செல்ல அதிகரித்துக்கொண்டே வருவதைப் பார்க்கலாம். அடிப்பாகத்திற்குச் சற்றுக் கீழே யுள்ள பாகத்தை, மணியின் தோள் (Shoulder) என்று சொல்லுவார்கள். வாய்க்கும் அடிப்பாகத்திற்கும் இடையே உள்ள பாகத்தை, மணியின் இடுப்பு (Waist) என்றும், வாயின் உள் விளிம்பை, உதடு (Lip) என்றும் கூறுவார்கள். உதட்டுக்குச் சற்றே மேலுள்ள பாகம் மணியின் மற்றப் பாகங்களைக் காட்டிலும் அதிகத் தடிப்புடன் இருப்பதைக் காணலாம். இதை 'ஸௌண்ட் போ' (Sound bow) என்று கூறுவார்கள். மணியின் நடுவே தொங்கும் நாக்கு இந்தப் பாகத்தைத் தாக்கி ஒலியை எழுப்புகிறது. சில மணிகளில் நாக்கு வைக்காமல் அதன் வெளிவிளிம்பை உலோகத் துண்டினுல் தட்டி ஒலியை எழுப்புவதும் உண்டு. நாக்குள்ள பெரிய மணிகளை இரண்டு விதமாக ஒலிக்கச் செய்வார்கள். ஒன்றில் நாக்கை மட்டும் இழுத்து விளிம்பில் மோது மாறு செய்வார்கள். மற்ருெரு விதத்தில் மணி முழுவதையும் சாய்த்து ஒலியை எழுப்புவார்கள். இதற்குத் தகுந்தவாறு மணியின் அடிப்பாகம் அமைக்கப்பட்டுக் கயிற்றுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். கயிற்றை இழுப்பதனுல் மணி சாய்ந்து நாக்குடன் மோதி ஒலி உண்டாகும். மணியைப் போல ஜாலரா வளைந்திரா விட்டாலும் ஒலி சம்பந்தமாய் ஜாலராவையும் மணி களின் வகுப்பிலேயே சேர்த்துக்கொள்ளவேண்டும். ஜாலராவை வார்ப்பதற்குப் பத்தில் எட்டுப் பாகம் செம்பையும் இரண்டு பாகம் வெள்ளீயத்தையும் சேர்த்துக்கொள்வார்கள். ஜாலராவில் சிறிதும் பெரிதுமாக அநேக ரகங்கள் உண்டு. பெரிய ஜால

ராவுக்கு வட்ட வடிவமாய்த் தகடுகளை எடுத்து நடுவில் சற்றுக் குழிந்து இருக்குமாறு செய்வார்கள். குழிந்துள்ள பாகத்தின் வெளிப்புறத்தில் கைப்பிடியை அமைத்துக்கொண்டு ஒன்றை மற்றொன்றினுல் தட்டி ஒலியை எழுப்புவது வழக்கம். கைப்பிடிக்குப் பதிலாக இரண்டு தகடுகளிலும் நடுவில் துவாரமிட்டு அவற்றை நூலினுல் சேர்த்துக்கொள்வதும் உண்டு. சிறிய ஜாலராக்கள் குழிவு மிகுந்த சிறிய கிண்ணங்களாக இருக்கும். இவற்றை ஒன்ருேடொன்று விளிம்பில் மட்டும் மோதிக்கொள்ளுமாறு செய்து ஒலி எழுப்பலாம்.

மணிகளை வார்ப்பதற்குமுன் வேண்டுகிற அளவுக்கு மணியைப்போல் மண்ணில் 'கரு' (Mould) செய்து கொள்வார்கள். இலுப்பை எண்ணெய், குங்கிலியம் இரண்டையும் நன்ருய்க் கொதிக்க வைத்து மெழுகு செய்துகொண்டு அதை மண் கருவின்மீது வேண்டுகிற கனத்திற்குப் பூசி, விளிம்பு முதலிய பல்வேறு இடங்களுக்கு வேண்டியபடி நிரவி விடுவார்கள். நன்ருகக் காய்ந்தபின், சுட்ட மண்ணை அரைத்து மெழுகின்மீது பூசிக்கொள்வார்கள். மறுபடியும் காயவைத்து அதன் பக்கம் முழுவதும் கல்லைப் பரப்பிச் சூளை போடுவார்கள். நன்ருகச் சூடேறியதும் உள்ளிருக்கும் மெழுகு உருகி அதற்கென்று ஆங்காங்கே வைத்துள்ள துவாரங்களின் வழியாக வழிந்தோடி விடும். வேருேர் அடுப்பில் உலோகக் கலவையை அதாவது வெண்கலத்தைக் கொதிக்க வைத்து அது நீரானவுடன் கருக்கூட்டிலுள்ள துவாரங்களில் ஊற்றுவார்கள். மெழுகு இருந்த இடத்தில் உலோகக் கலவை சென்று பூராவும் நிரம்பி வழிய ஆரம்

பித்தவுடன் ஊற்றுவதை நிறுத்திக்கொள்வார்கள். ஒருவாரம் அல்லது பத்துத் தினங்கள்வரையில் கருவை ஆறவைப்பார்கள். நன்ருக ஆறியவுடன் மேலிருந்த கல் மண் முதலியவற்றை எடுத்து எறிந்துவிட்டு உள்ளிருக்கும் மண் கருவையும் நீக்கி விடுவார்கள். பிறகு மணிக்கு நாக்கைச் சேர்த்துக்கொண்டு தொங்கவிடுவதற்கு வேண்டியவாறு மணியின் அடியில் வசதி செய்து கொள்ளுவார்கள். மேனுட்டார்கள் வார்க்கும் முறையில் முதலில் இருப்புக்கூடு ஒன்றில் மெழுகு போன்ற ஒரு கலவையைத் தடவி மணியின் வெளிப்பாகம் இருக்கவேண்டியபடி பூசிக்கொள்வார்கள். பிரத்தியேகமாக மணிக்கரு ஒன்றைக் கல்லில் செய்துகொண்டு அதன் மீது மணியின் உள்பக்கம் எவ்வாறு இருக்க வேண்டுமோ அதைப்போல முன்சொன்ன மெழுகைத் தடவிக் கொள்வார்கள். பிறகு மணியின் உட்புறத்தைக் கொண்ட கருவின் மீது வெளிப்புறத்தைக் கொண்டுள்ள இருப்புக் கூட்டை நன்ருகப் படிய வைத்துச் சூடுசெய்து, இரண்டிற்கும் நடுவே காய்ந்த வெண்கலத்தை ஊற்றிக் குளிர வைப்பார்கள். பத்துத் தினங்கள் ஆனபின் இருப்புக் கூட்டையும் கருவையும் நீக்கிவிடுவார்கள். நாதம் சரியாக அமையாவிடில் மணியின் விளிம்பை அராவிச் சரிப்படுத்துவார்கள். ஏறக்குறைய இதே முறையில்தான் ஜாலராக்களும் வார்க்கப்படுகின்றன.

இனி, மணிகளின் ஒலியைப்பற்றிச் சிறிது பார்ப்போம். ஒலிகளெல்லாம் துடிக்கும் பொருள்களிலிருந்து வெளிப்படுகின்றன என்பது யாவரும் அறிந்த விஷயம். ஒலியின் சுருதி என்பது அதை எழுப்பிய

பொருளின் துடிப்பு வேகத்தைச் சார்ந்திருக்கிறது. அதன் முழக்கம் இந்தத் துடிப்பின் வீச்சைப் பொறுத் திருக்கிறது. துடிக்கும் பொருள் கம்பியாகவோ அல்லது காற்று நிரையாகவோ இருத்தலே மிக எளிய அமைப்பாகும். அவ்வாறு இல்லாமல் உலோகத் தகடு, கிண்ணம் போன்ற பொருள்களைக்கொண்டு ஒலி எழுப்பினுல் துடிப்பின் தன்மை சிக்கலாகிறது. நாம் எடுத்துக்கொள்ளும் தகடு சமதளமாய் இராமல் உருளை வடிவத்துடனே அல்லது கூர் உருளை வடிவத்துடனே இருக்குமானுல் அதன் துடிப்புப் பின்னும் சிக்கலாகி விடுகிறது. இத்துடன் தகட்டின் கனமும் இடத்திற்கிடம் மாறுபட்டால் துடிப்பைப் பற்றிய ஆராய்ச்சி மிகக் கடினமாகிவிடுகிறது. சென்ற நூற்றுண்டின் இறுதியில் "லார்டு ராலே" என்ற பிரசித்திபெற்ற விஞ்ஞானியே முதல் முதல் மணிகளைப் பற்றிய சோதனைகளை நடத்தி ஓரளவுக்கு அவற்றின் ஒலியின் தன்மையை அறிந்தார். இவர் இங்கிலாந்தில் உள்ள பெரிய மாதாகோவில் மணிகளைச் சோதித்து, சில முடிவுகளைக் கண்டார். எல்லா மணிகளின் வாயும் வட்ட வடிவமாய் இருப்பதை நாம் அறிவோம். நாக்கினுல் மோதி மணியைத் துடிக்கச் செய்தவுடன் மணியின் வாய் வட்ட வடிவத்திலிருந்து ஆயத வடிவத்திற்கு (Ellipse) மாறி, திரும்பவும் வட்ட வடிவமாகி, இம்மாதிரியே தொடர்ந்து மாறிக்கொண்டேபோவதை மேற்சொன்ன விஞ்ஞானி கண்டார். மணியின் மீது சில இடங்களில் அசைவே இல்லாமல் இருப்பதையும் பார்த்தார். அவ்விடங்கள் இரண்டு வகையாக அமைந்திருப்பதைக் கண்டார். முதல் வகை இடங்களை முடிவட்டங்கள் (Nodal circles) என்றும், இரண்டாவது

வகை இடங்களை முடிரேகைகள் (Nodal meridians) என்றும் வகைப்படுத்திக் கொண்டார். மணியைச் சுற்றி முடிவட்டங்களும். மணியின் வாயிலிருந்து அடி வரையில் முடிரேகைகளும் ஏற்படுவதை அறிந்தார். மேலும் நாக்கு மோதும் பாகத்திற்குத் தகுந்தவாறு இவ்விரண்டு வகை இடங்களும் அமைவதையும் கண்டார். தன் இருசைச் சுற்றி மணி சீராக அமையாவிடில் ஒரே சமயத்தில் இரண்டுவிதத் துடிப்புக்கள் உண்டாகி விம்மல்கள் (Beats) கேட்பதை உணர்ந்தார். விம்மல் என்னும் நிகழ்ச்சி ஒன்றுக்கொன்று மிக நெருங்கிய துடிப்பு எண்களை உடைய இரண்டு ஒலிகள் ஏற்படும்போது புலப்படும். அப்போது முழக்கம் மாறி மாறி உயர்ந்து குறையும். இவ்வாறு ஒலியின் முழக்கம் பொங்கி வடிதலையே விம்மல் என்று கூறுவர். எல்லா மணிகளின் நாதத்திலும் விம்மல் கேட்பதை அறிந்தார். ஒலிகளெல்லாம் தூயன அல்ல என்றும், அவை உண்டாகும்போது ஓர் ஆதாரச் சுருதி, அதற்கு இரண்டு முதல் பன்மடங்கு கொண்ட பல வேறு பரிவாரச் சுருதிகள் (Overtones) இவை கலந்தே வருகின்றன என்றும் நாம் அறிவோம். ராலே மணியின் நாதத்தில் அடங்கிய பரிவாரச் சுருதிகளைத் தக்க சாதனங்களைக் கொண்டு, அறிந்தார். அதில் ஓர் ஆதாரச் சுருதியும், அதற்கு இரண்டு மடங்கு சுருதியுள்ள மேல்ஷட்ஜமும், அதற்கு அடுத்த சாதாரண காந்தாரமும், அதற்கடுத்த பஞ்சமமும், அதற்குமேலே உள்ள ஷட்ஜமும் ஆக ஐந்து பரிவாரச் சுருதிகள் இருப்பதைக் கண்டார். அநேக மணிகளில் இந்தப் பரிவாரச் சுருதிகளினிடையே இசைப்பொருத்தம் இல்லாமல் இருப்பதையும் அறிந்தார். பரிவாரச் சுருதிகள்

இசைப் பொருத்தத்துடன் வருமாறு செய்வதே மணி வார்ப்பவர்களின் வேலைத் திறனாகும். மணியின் நாதத்தில் உள்ள மிக்க குறைவான சுருதியைத்தான் மணியின் 'ஹம் நோட்' (Hum note) என்று சொல்வர். அதிலுள்ள தாரஸ்தாயி-கீழ்-ஷட்ஜத்தை மணியின் 'ஸ்டைரைக் நோட்' (Strike note) என்று கூறுவார்கள்.

உலகிலுள்ள எல்லா மணிகளைக் காட்டிலும் ருஷியா தேசத்து 'ஸார் காலோகல்' (Tsar Kalokol) என்ற மணியே மிகப் பெரிதாகும். இது 1733-ஆம் ஆண்டில் வார்க்கப்பட்டு நூறு வருஷங்கள் வரையில் தொங்கவிடப்படாமல் தரையிலேயே இருந்ததாகக் கூறப்படுகிறது. பின்னர் "நிகலஸ்" என்ற அரசர் நாளில், அதாவது 1836-ஆம் ஆண்டில் ஒரு கட்டிடத்தில் இது தொங்கவிடப்பட்டதாகக் கூறப்படுகிறது. சில வருஷங்கள் கழிந்த பின்னர் கட்டிடம் நெருப்புப் பிடித்துக்கொண்டு, மணி கீழே விழவே அதன் விளிம்பின் ஒரு பாகம் தெறித்துவிட்டது. மறுபடியும் இதைத் தொங்கவிட்டார்கள். இதன் நிறை 180 டன்; உயரம் 19 அடி 9 அங்குலம்; வாயின் சுற்றளவு 60 அடி 9 அங்குலம், கனம் 2 அடி. இதன் ஒவ்வொரு பக்கத்திலும் 25 பேர்கள் நின்றுகொண்டு இதன் நாக்கை இழுத்து விளிம்பில் மோதும்படி செய்கிறார்களாம். அதற்கு அடுத்தபடியாகப் பர்மாவிலுள்ள ஒரு கோவில் மணியைக் கூறுகிறார்கள். இதன் நிறை 80 டன். தென்னிந்தியாவில் திருச்சிராப்பள்ளி, சிதம்பரம், திருப்பதி முதலிய இடங்களில் உள்ள மணிகள் பிரசித்தி பெற்றவை. இவை மூன்றிலும் திருப்பதி மணிதான் மிகப் பெரியது. நாதத்தில் திருச்சி மலைக் கோட்டை மணிதான் சிறந்தது.

2

வன்னக் களஞ்சியம்

மாலை நேரத்தில் இயற்கை அன்னையின் நிறச் சோபையைக் கண்டு களித்த பாரதியார் ‘ எங்கு நோக்கிடினும் ஒளித்திரள் ! ஒளித்திரள்! வன்னக் களஞ்சியம் ’ என்று பாடுகிறார். கவிகளைப் போல இயற்கையை அனுபவித்துப் பிறருக்கு எடுத்துக் கூறும் வன்மையைப் பெற்றிராவிடினும், ஒவ்வொருவரும் நிறச் சோபையைக் கண்டு வியப்பும் ஆனந்தமும் அடைவது திண்ணம். இயற்கையில் தோன்றும் நிறங்களின் வகைகள் பல. பக்ஷிகளையும் புஷ்பங்களையும் பார்க்கப் பார்க்க இவ்வகைகளைக் கணக்கிட முடியுமா என்ற ஐயங்கூட எழலாம். உயிருள்ள எல்லாப் பொருள்களும் நிறத்தின் மூலம் தம் செழிப்பை வெளியிடுகின்றன. பெண்கள் அணியும் பல நிற ஆடைகளையும், ஆபரணங்களையும், விசேஷ தினங்களில் அவர்கள் போடும் கோலங்களையும் பார்க்கும் பொழுது நம்முடைய வாழ்க்கையில் நிறத்துக்கு எவ்வளவு மதிப்பு இருக்கிறது என்பதை உணரலாம். நிறத்தின் வசிய சக்தியை நன்கு உணர்ந்தே நம் முன்னோர்கள் ஓவியக் கலையைப் போற்றிவந்திருக்கிறார்கள். நிறத்தின் பௌதிக இயல்புகளைப்பற்றி இந்தக் கட்டுரையில் கவனிப்போம்.

நியூட்டன் என்ற பேரறிஞர் ஒரு சோதனை செய்தார். இவர் ஓர் இருட்டறையினுள்ளே ஒரு

சிறு துவாரத்தின் வழியாகச் சூரிய வெளிச்சத்தைப் புகச்செய்து, அதன் வழியில் ஒரு கண்ணுடி முப்பட்டையை (Prism) வைத்து. அதன் பின்னுல் ஒரு திரையையும் வைத்து, திரையின்மீது பல நிறங்கள் கொண்ட ஒரு வர்ணப் பட்டையை அமைத்தார். இதில் தோன்றும் நிறங்களின் வரிசை வானவில்லில் இருப்பதைப்போல் அமைந்திருப்பதையும் கண்டார். எனவே சூரிய வெளிச்சத்தில் சிவப்பு—ஆரஞ்சு—மஞ்சள்—பச்சை—நீலம்—அவுரி—ஊதா என்ற பல நிற ஒளிகள் இருக்கவேண்டும் என்று உணர்ந்தார். இந்த நிறங்களை ஒன்று சேர்த்தால் வெள்ளொளி உண்டாகிறதா என்று பார்த்தார். இதற்கு ஒரு வட்ட வடிவமுள்ள அட்டையை எடுத்து, அதன் பரப்பைப் பல பகுதிகளாகப் பிரித்துக்கொண்டார். ஒவ்வொரு பகுதியிலும் முறையே சிவப்பு முதல் ஊதா வரையில் உள்ள நிறங்களைப் பூசினுர். அட்டையை வேகமாகச் சுற்றி அதன் பரப்பு வெண்ணிறமாகத் தோன்றுவதைக் கண்டார்.

பின்னர் நிறத்துக்கும் ஒளிக்கும் உள்ள சம்பந்தத்தை ஆராயத் தொடங்கினுர்கள். முதலில் ஒளி எவ்வாறு பரவுகிறது என்பதை அறியவேண்டியது இதற்கு அவசியம். நீரில் அசையும் அலைகளை அனைவரும் கவனித்திருக்கலாம். அவை செல்லுங்கால் நீர்ப்பரப்பில் சில இடங்கள் உயர்ந்திருப்பதையும் சில இடங்கள் தாழ்ந்திருப்பதையும் கவனிக்கலாம். உயர்ந்து தாழ்ந்து இருப்பதையே நாம் அலை வடிவம் என்று கூறுகிறேம். அடுத்தடுத்துள்ள இரண்டு உயர்ந்த பாகங்களின் இடைத் தூரத்தையே அலை நீளம் (wave length) என்று கூறுவார்கள். இந்தத்

தூரம் அதிகமாய் இருப்பின் நீண்ட அலைகள் என்றும் குறைவாய் இருப்பின் குறுகிய அலைகள் என்றும் கூறுவது வழக்கம். சோதனையின் வாயிலாக ஒளிக் கிரணங்கள் எல்லாம் விசும்பில் ஏற்பட்ட அலைகள் என்று அறிந்தார்கள். நீர் அலைகளுக்கு இருப்பதுபோலவே ஒளி அலைகளுக்கும் பல்வேறு நீளங்கள் உண்டு என்று அறியலாம். ரேடியோ அலைகள் போல ஒளி அலைகளும் மின் காந்த அலைகளே என்று உணர்ந்தார்கள். மின்காந்த அலைகளில் (Electro magnetic waves) பெரும் பகுதி நமது கண்ணுக்குப் புலப்படுவதில்லை; ஊதா முதல் சிவப்பு வரையில் உள்ள பகுதி மட்டுமே புலனாகின்றது. இந்த ஆராய்ச்சிகளிலிருந்து ஒளியின் ஒவ்வோர் நிறத்திற்கும் ஒவ்வோர் அலை நீளம் உண்டு என்று அறியலாம். எனவே பலநிற ஒளிகளுக்கான காரணம் அலை நீளத்தின் வேறுபாடேயாகும். சிவப்பு ஒளிஅலையின் நீளம் சுமாராக ஓர் அங்குலத்தில் முப்பதினாயிரத்தில் ஒரு பங்கு என்றும், ஊதா ஒளியின் அலைநீளம் ஓர் அங்குலத்தில் அறுபதினாயிரத்தில் ஒன்று என்றும் கண்டார்கள்.

இப்பொழுது பொருள்கள் பல்வேறு நிறங்களுடன் தோன்றுவதன் காரணத்தைச் சற்று விளக்குவோம். பொருள்கள் பெரும்பாலும் தம்மீது விழும் ஒளியைச் சிதறச் செய்கின்றன. அவ்வாறு சிதறிய ஒளி நமது கண்ணிலே படுவதால்தான் அது நமக்குப் புலனாகிறது. ஓர் அறையில் இரவில் விளக்கேற்றி வைத்தால் அந்த விளக்கு வெளியிடும் ஒளியின் தன்மைக்குத் தகுந்தவாறு அறையின் சுவர்கள், பெட்டிகள், மேஜை, நாற்காலி முதலிய பொருள்கள் நமது கண்களுக்குப் புலனாகும். விளக்கு, சிவப்பு ஒளியை வெளி

யிடுமானால் எல்லாப் பொருள்களும் சிவப்பாகத் தோன்றும்; நீல நிற ஒளியை வெளியிடுமானால் எல்லாப் பொருள்களும் நீல நிறமாகவே தோன்றும். எனவே பொருள்களின்மீது விழும் ஒளியின் தன்மைக்குத் தகுந்தவாறு அவற்றின் நிறம் அமைவதைப் பார்க்கிறோம். சில பொருள்களின்மீது வெண்ணிற ஒளி விழுந்தபோதிலும் வெண்ணிறமாகத் தோன்றாமல் அவை பல்வேறு நிறங்களுடன் தோன்றுவதன் காரணம் யாது என்று கேட்கலாம். வெண்ணிற ஒளியில் பல்வேறு நிற ஒளிகள் அடங்கி இருப்பதை முன்பு பார்த்தோம். சிவப்புக் கண்ணாடியின்மீது வெண்ணிற ஒளி விழுமாயின், அது வெண்ணிற ஒளியில் உள்ள சிவப்பு நிற ஒளியைத் தவிர மற்ற நிறங்களை உறிஞ்சிவிடுவதால், கண்ணாடி சிவப்பாகத் தோன்றுகிறது. கண்ணாடியின் மீது விழுந்த ஒளியில் சிறிதளவே உட்செல்லாமல் வெளிப்பரப்பில் பிரதிபலிக்கிறது. பெரும் பகுதி கண்ணாடிக்குள் நுழைந்து அங்கே மாறுதல் அடைந்து உறிஞ்சப்பட்ட பின்னரே திரும்பவும் வெளிவருகிறது. எனவே அதிலிருந்து வெளிவரும் ஒளி, கண்ணாடியால் உறிஞ்சப்படாத ஒளியே ஆகும். சிவப்புக் கண்ணாடியிலிருந்து சிவப்பு நிற ஒளிதான் உறிஞ்சப்படாமல் வெளியே வருகின்றது. நீலக் கண்ணாடி, வெண்ணிற ஒளியில் உள்ள சிவப்பு, ஆரஞ்சு, மஞ்சள் முதலிய நிறங்களை உறிஞ்சிவிட்டு, மிகுதியாயுள்ள நீல ஒளியை மட்டுமே வெளியிடுவதால் அது நீலமாகத் தோன்றுகிறது. நல்ல நீல நிறமுடைய கண்ணாடியைத் தூள்களாக உடைத்தால் அது நீல நிறத்தை இழந்து வெண்ணிறமாகத் தோன்றுவதைப் பார்க்கலாம். இதற்குக்

காரணம் என்னவெனில் இப்பொழுது துகள்கள்மீது விழும் வெண்ணிற ஒளி முழுவதும் துகள்களுக்குள் செல்லாமல் வெளிப் பரப்பிலிருந்தே பிரதிபலித்துத் திரும்பி விடுகிறது. எனவே கண்ணுடி சிவப்பு, ஆரஞ்சு, மஞ்சள் முதலிய ஒளிகளை உறிஞ்சு வதற்குச் சந்தர்ப்பம் வாய்ப்பதில்லை. இதனுல் வெண் ணிறமாகத் தோன்றுகிறது. மேலும் கண்ணுடியின் மீது விழும் தன்மைக்குத் தகுந்தவாறு அதன் தோற் றம் மாறுபடும். நீலக் கண்ணுடியை இரவில் மின்சார விளக்கிலிருந்து வரும் வெள்ளொளியில் பார்த்தால் அது கறுப்பாகத் தோன்றும். இதன் காரணத்தை அறியலாம். நீலக் கண்ணுடி சூரிய வெளிச்சத்தில் உள்ள எல்லா நிற ஒளிகளையும் உறிஞ்சிவிட்டு, நீலநிற ஒளியை மட்டுமே சிதற அடிப்பதால் நீலநிறமாகத் தோன்றுகிறது என்று பார்த்தோம். மின்சார விளக் கின் ஒளியில் சூரிய வெளிச்சத்தில் இருப்பதைப் போல் நீலநிற ஒளி அமையாமல் இருப்பதே கண்ணுடி கறுப்பாகத் தோன்றுவதற்குக் காரணம். விலையுயர்ந்த பட்டுப் புடைவைகளின் நிறச் சோபையைக் கடையி லுள்ள விளக்கில் கண்டு மயங்கி, வாங்கிக்கொண்டு வீட்டுக்குத் திரும்பிவந்து, பகலில் அவற்றைப் பார்க் கும்போது தோற்றம் மாறுவதைக் கண்டு ஏமாற்றம் அடைகின்றோம். இதன் காரணத்தையும் இப்பொ ழுது அறியலாம். இவ்வுறிஞ்சுதலின் விளைவாகவே இலைகளின் தோற்றமும், புஷ்பங்களின் நிறமும் அமை கின்றன என்று கூறுகிறார்கள். புல், பூண்டு முதலிய தாவரங்கள் எல்லாவற்றிலும் உள்ள பச்சையின் மூலகங்கள் (Chlorophyll molecules) இவ்வுறிஞ்சு தலுக்குக் காரணமாய் இருப்பதாகச் சொல்லுகிறார்

கள். இப்பொருளின் தன்மைக்குத் தகுந்தவாறு இலைகளில் பல்வேறு பச்சை நிறங்களைக் காண்கிறோம். இது போலவே புஷ்பங்களின் பல நிறத் தோற்றமும் ஏற்படுகின்றது. இனி, பாரதியார் கண்டு களித்த வன்னக் களஞ்சியத்தின் காரணத்தைச், சற்று விளக்குவோம்.

நம் உலகைச் சுற்றி, காற்று மண்டலமாகிய பவனம் பல மைல்கள் வரை வியாபித்திருக்கிறது. சூரிய கிரணங்கள் பவனத்தைத் தாண்டி வந்தே நம்மை அடைகின்றன. தாண்டி வரும்போது ஏற்படும் சில மாறுதல்களினுல்தான் காலையிலும் மாலையிலும் சூரியன் பொன்மயமாய்த் தோற்றம் அளிக்கிறுன். இந்த மாறுதல் ஏன் நடுப்பகலில் ஏற்படவில்லை என்று கேட்கலாம். ஒளிக்கிரணங்கள் பவனத்தைத் தாண்டி வரும் தூரம் நடுப்பகலில் இருப்பதைக் காட்டிலும் காலை மாலை நேரங்களில் அதிகமாக இருக்கிறது. பவனத்தினூடே செல்லும்போது பவனத்திலுள்ள துகள்கள் சூரிய வெளிச்சத்தைச் சிதற அடிக்கின்றன. இந்தச் சிதறல், ஒளியினுடைய அலை நீளத்தையும் ஒளி செல்லும் தூரத்தையும் பொறுத்திருப்பதால் நம்மை அடையும் ஒளியின் தன்மை மாறுபாடு அடைகின்றது.

நடுப்பகலில் சிதறல் சிறிதளவாயும் எல்லா நிற ஒளிகளுக்கும் ஏறக்குறைய ஒரே அளவினதாயும் இருப்பதால் நாம் பெறும் ஒளி வெண்ணிறமாகவே இருக்கின்றது. காலையிலும் மாலையிலும் சிதறல், சிவப்பு ஒளியில் சிறிதளவும் மற்ற நிற ஒளிகளில் அதிகமாகவும் ஏற்படுவதனுல் சூரியனின் தோற்றம் பொன்னிறமாய் மாறுகின்றது. அக்காலங்

களில் பூமியிலுள்ள பல நிறப் பொருள்களின்மீது விழும் ஒளியின் தன்மையும் மாறுபடுவதால் பாரதியார் கண்டு களித்த வன்னக் களஞ்சியம் ஏற்படுகின்றது. பவனத்தில் திரண்டுள்ள நீராவியும் சில நிற ஒளிகளைக் கிரகித்து நிறச் சோபையை அதிகரிக்கிறது. இந்த நீர்த் துளிகளினால் தோன்றும் மற்றோர் இயற்கை விநோதத்தைப் பார்ப்போம். சில சமயம் வானத்தில் அழகுற அமையும் வானவில்லின் தோற்றத்தை அனைவரும் பார்த்திருக்கலாம். பவனத்திலுள்ள நீர்த்துளிகளில் சூரிய வெளிச்சம் படும்போது அந்தத் துளிகள் ஒவ்வொன்றிலும் அது பன்முறை பிரதிபலிப்பதால் ஒளி பல நிறங்களாய்ச் சிதறி வெளிப்படுகின்றது. துளிகள் ஒழுங்காக அமைந்திருக்கும்போது பலநிற ஒளிகளும் ஒழுங்காக அமைந்திருக்கின்றன. துளிகளின் அமைப்புக்கு ஏற்றவாறும் பிரதி பலனத்தின் எண்ணிக்கைக்கு ஏற்றவாறும் இரண்டு, மூன்று வானவில்களும் ஒரே சமயத்தில் காணப்படலாம்.

இப்பொழுது வேறொரு வகையில் நிறத் தோற்றம் ஏற்படுவதைப் பார்ப்போம். வண்ணாத்திப் பூச்சிகளின் சிறகுகளிலும் சில பறவைகளின் சிறகுகளிலும் உள்ள நிறச் சோபையை அனைவரும் கவனித்திருக்கலாம். இதன் காரணத்தை விளக்குவோம். வெள்ளொளியிலுள்ள பல்வேறு ஒளிகளைப் பிரிப்பதற்கு முப்பட்டை ஒரு சாதனம் என்று நியூடன் சோதனையிலிருந்து நாம் அறிவோம். இதைப்போன்ற மற்றொரு சாதனத்தையும் கண்டுபிடித்தார்கள். ஒரு சமதளக் கண்ணாடியில் மிக நெருக்கமான அநேகம் கீற்றுக்களை வரைந்து, கண்ணாடியில் ஏற்படும் பிரதிபலனத்

தைச் சோதித்துப் பார்த்தார்கள். பார்த்தபொழுது வெள்ளொளியில் உள்ள பல்வேறு நிற ஒளிகள் வெவ்வேருகப் பிரிக்கப்படுவதைக் கண்டார்கள். இச்சாதனத்திற்குப் பல்கீற்றுப் பளிங்கு (Plane grating) என்று பெயர். சாதாரணமாக இதன் பரப்பில் பதிஞயிரக் கணக்கான கீற்றுக்கள் வரையப்பட்டிருக்கும். எனவே கீற்றுக்களின் நெருக்கத்தை உணரலாம். அதாவது அடுத்தடுத்துள்ள இரண்டு கீற்றுக்களின் இடைத்தூரம் ஒளி அலேயின் நீளத்துக்கு ஒத்ததாக இருந்தாலன்றி இந்த நிகழ்ச்சி ஏற்படுவதில்லே. இதை ஒளி விளம்பி விளேவு (Diffraction) என்று கூறுவார்கள்.

வண்ணுத்திப் பூச்சியின் சிறகிலும், பறவையின் சிறகிலும் இவ்வாறு மெல்லிய கீற்றுக்கள் அநேகம் இருப்பதனுல்தான் அவற்றின்மீது சூரிய வெளிச்சம் விழுந்து பிரதிபலிக்கும் போது, பலநிற ஒளிகளாக மாறிவிடுகின்றன என்று அறிந்தார்கள். மயிலின் தோகையின் நிறச் சோபைக்கும் இதே காரணந்தான் என்று கூறுகிருர்கள். நிறத் தோற்றங்களுக்கு இது வரையில் நாம் பார்த்த காரணங்களுடன் நம்முடைய கண்களேயும் மற்ருெரு காரணமாகச் சேர்த்துக் கொள்ளவேண்டும். உதாரணமாக ஒருவர் சிவப்புப் பொருளே நீண்டநேரம் உற்றுப் பார்த்துவிட்டுப் பக்கத்திலுள்ள ஒரு வெள்ளேக் காகிதத்தைப் பார்ப்பாராஞல் அது அவருக்கு நீலமாகத் தோன்றும். ஏனெனில் சிவப்புப் பொருளே உற்று நோக்கியதன் பயனுக அவர் கண்கள் சிவப்பு நிறத்திஞல் சோர்வு அடைந்தன. எனவே அவர் வெண்ணிறத்தைப் பார்க்கும் போது அதிலுள்ள சிவப்பு நிறத்திஞல் உண்டாகும்

உணர்ச்சி குறைவுபட்டு மற்ற நிறங்களினுல் உண்டா கும் உணர்ச்சி அதிகமாகின்றது. இதனுல் அவருக்கு வெள்ளைக் காகிதம் நீலமாகத் தோன்றுகிறது. இந்தச் சோர்வு நீடித்திருக்காது. சிறிது நேரத்தில் சரியாய் விடும். எப்பொழுதும் நிறங்களைத் தாறுமாருய் உண ரும் நிறக் குருடர்களும் அநேகர் உண்டு.

3

ஆகாயக் கப்பல்களும் விமானங்களும்

பறவைகளைப்போல வானத்தில் பறந்து செல்ல வேண்டுமென்று மக்களிடையே வெகு காலமாக இருந்த விருப்பம் இந்த நூற்றாண்டில்தான் நிறைவேறிற்று. விஞ்ஞானம் அடைந்த பெரும் வெற்றிகளில் இதுவே முக்கியமானது. இதன் விளைவாகத் தரைமீதும் கடல்மீதும் செல்லப் போக்கு வரவு சாதனங்கள் இருப்பதைப்போல வானத்திலும் செல்ல வானக்கப்பல்களும் விமானங்களும் இயற்றப் பட்டிருக்கின்றன. இவ்விருவகைச் சாதனங்களும் வெவ்வேறு விஞ்ஞான தத்துவத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டிருக்கின்றன. இவற்றின் அமைப்பையும் செயல்முறையையும் இக்கட்டுரையில் விளக்குவோம்.

முதலில் காற்றைவிட லேசான ஆகாயக் கப்பல்களை எடுத்துக்கொள்வோம். ஒரே பருமன் கொண்ட பல பொருள்கள் வெவ்வேறு நிறை கொண்டிருப்பதைக் காணலாம். உதாரணமாக ஓரளவு இரும்பின் நிறை அதே பருமன் கொண்ட நீரைவிடச் சுமார் எட்டு மடங்கு இருப்பதைப் பார்க்கலாம். இவ் வேற்றுமை இரண்டு பொருள்களிலும் உள்ள நெருக்க வேற்றுமையினுல் ஏற்பட்டதாகும். இதையே

செறிவு வேற்றுமை (Density) என்று கூறுவார்கள். நீரில் அதை விடச் செறிவு மிகுந்த இரும்பு போன்ற பொருள்கள் முழுகுவதைப் பார்க்கிறோம். அதை விடச் செறிவு குறைந்த நெட்டித்துண்டு, மரக் கட்டைபோன்ற பொருள்கள் முழுகாமல் மேற் பரப்பில் மிதப்பதையும் காண்கிறோம். இதிலிருந்து காற்றில் ஒரு பொருள் மிதக்கவேண்டுமென்றால் அப் பொருளின் செறிவு காற்றின் செறிவைவிடக் குறை வாக இருக்கவேண்டும் என்று அறியலாம்.

குழந்தைகள் விளையாடும் "பலூன்" ஒன்றில் காற்றைவிட லேசானதொரு வாயுவை நிரப்பி அந்தக் கூண்டைப் பறக்கவிட்டால் அது காற்றில் மேலெழும் பிச் செல்வதைக் கவனிக்கலாம். பலூன் அல்லது கூண்டின் நிறையும் அதனுள்ளிருக்கும் வாயுவின் நிறையும் சேர்ந்து கூண்டின் பருமனளவு உள்ள காற் றின் நிறையைவிடக் குறைந்திருப்பதால்தான் கூண்டு மேலெழும்பி மிதக்கின்றது. இதை உணர்ந்து, சென்ற நூற்றாண்டின் இறுதியில் பிரான்ஸ் தேசத்தில் 'மாண்ட், கோல்பர்' என்ற இரு சகோதரர்கள் சோதனைகள் செய்தார்கள். அவர்கள் காகிதம் செய்யும் தொழிற்சாலை ஒன்று நடத்திவந்ததனால், பெரிய காகிதக் கூண்டுகளை அவர்கள் சுலபமாகத் தயாரிக்க முடிந்தது. அவ்வாறு கூண்டுகளைத் தயா ரித்து அவற்றில் சூடான காற்றை நிரப்பிச் சோதனை கள் செய்து வெற்றி அடைந்தார்கள். ஒரு கூண்டில் ஆடு, கோழி முதலியவற்றை வைத்துப் பறக்க விட் டார்களாம்! கூண்டிலிருந்த காற்றுக் குளிர்ந்தவுடன் கூண்டு தரைக்கு வந்துவிடுவதையும் கண்டார்கள். இவர்கள் செய்த சோதனைகளைக் கேள்வியுற்று மற்ற

வர்களும் ஆங்காங்கே சோதனைகள் செய்யலானார்கள். சிலர் சூடான காற்றுக்குப் பதிலாக நீரகவாயு (Hydrogen) வை நிரப்பிச் சோதனைகள் நடத்தினார்கள். பின்னர் கூண்டுகள் செல்லும் திசையையும் வேகத்தையும் கட்டுப்படுத்துவதற்கு அவற்றுடன் முடுக்கு விசிறிகளையும், என்ஜின்களையும் இணைத்துச் சோதனைகள் செய்யலானார்கள். முதலில் சிறு நீராவி யந்திரங்களையே உபயோகித்தார்கள். நீரக வாயு நெருப்புப் பற்றும் இயல்புடையதாகையால் நீராவி யந்திரத்தை இந்தக் கூண்டுகளில் இணைக்கும் போது விபத்து நேரிடுவதை அறிந்தார்கள். இதை நீக்க நீராவி யந்திரத்தைக்காட்டிலும் லேசானதும் திறமை வாய்ந்ததுமான எண்ணெய் என்ஜின்களைக் கூண்டுகளில் சேர்த்துக்கொண்டார்கள்.

இவ்வாறு சோதனைகள் நடத்தி வெற்றி அடைந்தவர்களில் ஜெர்மனி தேசத்து "ஸெப்ளின்" என்பவரை முக்கியமாகக் குறிப்பிடவேண்டும். இவர் இயற்றிய கப்பலில் கூண்டைக் கோளவடிவமாக அமைக்காமல் முட்டை வடிவத்தில் அமைத்துக் கொண்டார். இதன் நீளம் நானூற்று இருபது அடியும் விட்டம் முப்பத்தெட்டு அடியும் ஆகும். இவர் கூண்டை அலுமினிய உலோகத்தில் செய்து அதன்மீது துணியைப் பரப்பிக்கொண்டார். பெரிய பைகளில் நீரக வாயுவை அடைத்து அவற்றைக் கூண்டுக்குள் வைத்துக் கொண்டார். கூண்டின் முன்னே முடுக்கு விசிறிகளையும் பின்னே சுக்கான்களையும் அமைத்துக்கொண்டு "காஸோலின்" என்ஜின்களைக்கொண்டு இம்முடுக்கு விசிறிகளை இயக்கிக் கப்பல் செல்லும் வேகத்தையும் திசையையும் கட்டுப்படுத்திக் கொண்டார். இவர்

அமைத்ததுபோன்ற அநேக வானக் கப்பல்களை இயற்றி அவற்றின் மூலம் பிரயாணிகளை ஓர் இடத்தி லிருந்து மற்றோர் இடத்துக்கு ஏற்றிச்சென்றார்கள். இம்மாதிரியான பல கப்பல்களை உலகெங்கும் இயற் றலானார்கள்.

அமெரிக்காவில் உபயோகிக்கும் கப்பல்களில் நீரக வாயுவுக்குப் பதிலாகப் பரிதியம் (Helium) என் னும் ஒரு ஜடவாயுவை நிரப்புகிறார்கள். இதற்கு நீரகத்தைப்போல் நெருப்புப் பற்றும் இயல்பு இல் லாததனால் இதை உபயோகிக்கின்றார்கள். கூண்டு களில் வெவ்வேறு வாயுக்களை அடைப்பதனால் அவற் றின் தூக்கும் சக்தியும் (Lifting power) மாறுபடும். பரிதியத்தை அடைத்தால் அதன் தூக்கும் சக்தி நீர கத்தின் தூக்கும் சக்தியைவிடக் குறைந்துவிடுகிறது. ஏனெனில் பரிதியம் நீரகத்தைப்போல இரண்டு மடங்கு கனமுள்ளது. நிற்க, இக்கூண்டுகள் காற் றில் ஓர் உயரத்துக்கு மேலே எழும்பாமல் நிற்கும். இதன் காரணம் யாது என்று விளக்குவோம். காற் றின் செறிவு தரைக்கு அருகிலே உச்சநிலையில் இருக் கும். மேலே செல்லச் செல்லச் செறிவு குறைந்து கொண்டே போகும். கூண்டின் நிறையும் அதனுள் இருக்கும் வாயுவின் நிறையும் சேர்ந்து கூண்டில் உள்ள காற்றின் நிறைக்குச் சமமாக ஆகும் வரை யிலே கூண்டு உயரக் கிளம்பிச் சென்றுகொண்டிருக் கும். இக்கப்பல்கள் மணிக்குச் சுமார் எண்பது மைல் வேகத்துடன் செல்லக்கூடும். தற்காலத்தில் இவற்றை விட ஆகாய விமானங்களே பிரபலமடைந்து வரு கின்றன. அவற்றின் தத்துவத்தை இப்பொழுது பார்ப்போம்.

ஆகாய விமானங்கள் காற்றைவிடக் கனமானவை. இவை காற்றிலே மிதக்கவேண்டும் என்ருல் ஏதேனும் ஒரு சக்தி இவற்றை மேல் நோக்கித் தள்ள வேண்டும். இத்தகைய விமானங்களில் சிறகுகள் (wings) என்று சொல்லப்படும் பெரிய தளவடிவான பலகைகள் பொருத்தப்பட்டிருப்பதைக் கவனிக்கலாம். இவை ஏறக்குறைய நேரக (Rectangular) வடிவம் கொண்டிருக்கும். இவற்றின் நீளம் அகலத்தை விடப் பன்மடங்கு அதிகமாக இருக்கும். ஒற்றைச் சிறகு விமானத்தில் (Monoplane) ஒரு சிறகும், இரட்டைச் சிறகு விமானங்களில் (Biplanes) இரண்டு சிறகுகளும் உண்டு. இவ்விரண்டு சிறகுகளும் ஒன்றின்மேல் ஒன்ருக அமைக்கப்பட்டிருக்கும். மேலும் இவை இரண்டும் ஒன்ருேடொன்று நடுவே சிறு குச்சிகளால் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். சிறகு என்று கூறும்போது விமானத்தின் இடது வலது புறங்களிலுள்ள இரண்டையும் சேர்த்தே கூறுவது வழக்கம். அதன் முன் விளிம்பு சற்று மேலே தூக்கி இருக்குமாறு இவை பொருத்தப்பட்டிருக்கும். பெரிய சக்தி வாய்ந்த என்ஜின்கள் விமானத்தின் முன்புறம் உள்ள முடுக்கு விசிறிகளைச் சுழற்றுகின்றன. இதனுல் விமானம் வெகு வேகமாக முன்னேக்கி இழுக்கப்படுகிறது. சிறகு அதிக வேகத்துடன் முன்னேறிச் செல்லும்போது காற்று அதற்கு எதிர்ப்புறமாக வீசிச் செல்வதாகத் தோன்றும். சிறகின் தளம் சற்று முன்னேக்கி இருப்பதனுல் அதைப் பின் நோக்கித் தள்ளும் சக்தி ஒன்று அதன் மீது தொழிற்படுகிறது. இந்தச் சக்தியின் திசை காற்று வீசும் திசைக்கும் நிமிர்வைத் திசைக்கும் (Vertical direction) நடுவே இருக்கும்.

இது இரண்டு பாகமாகப் பிரிந்து ஒன்று மேல் நோக்கியும் மற்றொன்று காற்று வீசும் திசையிலும் தொழிற்படும். மேல் நோக்கி இழுக்கும் சக்தியின் அளவு விமானத்தின் எடையைவிட அதிகமாக இருப்பதால் விமானம் உயரக் கிளம்புகிறது. முடுக்கு விசிறிகளின் சக்தி மற்றப் பாகத்தின் அளவைவிட அதிகமாக இருப்பதால் விமானம் முன்னேறிச் செல்கிறது.

இவ்வாறு சிறகின் மீது தொழிற்படும் சக்தியின் முழு விவரத்தையும் அறியப் பல சோதனைகள் நடத்தினார்கள். இதற்கு ஒரு பெரிய இரும்புக் குழலில் (Wind tunnel) காற்றை விசையுடன் அனுப்பி, சிறகைப்போல் சிறியதோர் அமைப்பை மரத்தில் தயார் செய்து, அதைக் குழலில் தொங்கவிட்டு, அவ்வமைப்பின் மீது தொழிற்படும் சக்திகளைத் தக்க கருவிகளைக் கொண்டு அளந்தார்கள். சிறகின் பரப்பு, சாய்வு, காற்றின் வேகம் இவை ஒவ்வொன்றுக்கும் இடையே உண்டான தொடர்பைப் பரிசோதனை வாயிலாக அறிந்தார்கள். இவற்றைப் பயன்படுத்தியே விமானங்கள் செய்யப்பட்டு வருகின்றன. பறக்கும்போது விமானத்தின் போக்கைக் கட்டுப்படுத்துவதற்குண்டான சோதனைகளை "ரைட்" (Wright) சகோதரர்கள் என்ற விஞ்ஞானிகள் நடத்தினார்கள். விமானங்கள் ஏற்படுவதற்கு இவர்களுடைய ஆராய்ச்சிகளே முக்கிய காரணமாய் இருந்தன. இவர்கள் கண்ட முடிவுகளின் பயனாகவே சுக்கான்களின் அமைப்பு எத்தகையதாக இருக்கவேண்டுமென்று அறியப்பட்டது. அவற்றைக் கொண்டு விமானத்தின் போக்கை எளிதாகக் கட்டுப்படுத்த முடிந்தது. எனவே காற்றில் விமானம் சமநிலைமையுடன் செல்லுவது சாத்தியமாயிற்று.

இனி, முடுக்கு விசிறிகளை இயக்குவதற்கு வேண்டிய என்ஜின்களைப்பற்றிச் சிறிது கூறுவோம். முதலில் நீராவி என்ஜின்களை உபயோகித்து வந்தார்கள். இதில் சில குறைபாடுகள் இருப்பதை உணர்ந்தார்கள். நீராவி என்ஜின் மிகவும் கனமானது; அவ்வளவு திறமை வாய்ந்ததும் அன்று. விமானத்துக்குத் தகுந்தவாறு லேசாய் மிகுந்த சக்தி வாய்ந்த என்ஜின்கள் எண்ணெய் என்ஜின்களாகத்தாம் இருக்கவேண்டுமென்று அறிந்து அதற்கு வேண்டிய சோதனைகளைச் செய்யலானார்கள். இவற்றின் விளைவாகத் திருந்திய முறையில் என்ஜின்கள் தயாரிக்கப்பட்டன.

இவ்வென்ஜின் ஒன்றின் செயல் முறையைச் சற்று விளக்குவோம். இதில் ஒரு குழல் உண்டு. அதில் பீச்சான் ஒன்று முன்னும் பின்னுமாகச் செல்லும்படி இயற்றப்பட்டிருக்கும். பீச்சான் பின்னோக்கிச் செல்லும்போது குழலினுள் பெட்ரோல் எண்ணெயின் வாயுவும் காற்றும் கலந்த கலவை உறிஞ்சப்படும். பீச்சான் மீண்டும் முன்னேறிச் செல்லும்போது கலவையைக் கொஞ்சம் நெருக்கும். எனவே கலவையின் இறுக்கம் வரவர உயர்ந்துகொண்டு செல்லும். இறுக்கம் உச்ச நிலையை அடைவதற்குச் சற்று முன்பு கலவையில் மின்பொறி (Electric Spark) பாயுமாறு செய்யப்படும். அதனால் கலவை அனல் மூண்டு எரியும். எரியும்பொழுது கலவையின் சூடு உயர்ந்துவிடும். அதனால் ஏற்படும் பெருக்கத்திற்கு இடமில்லையாகையால், கலவையின் இறுக்கம் முன்பு இருந்ததைவிடப் பன்மடங்கு அதிகரித்துவிடும். இதனால் பீச்சான் வேகமாகப் பின்னோக்கி உதைத்துத் தள்ளப்படும்.

இப்பொழுது இறுக்கம் குறைந்துவிடும். பின்னர் பீச்சான் மறுபடியும் முன்னேக்கி வரும்போது எரிந்த காற்றெல்லாம் வெளியேற்றப்படும். பீச்சான் பின்னேக்கி மீளும்போது மறுபடியும் காற்றும் பெட்ரோல் எண்ணெய் வாயுவும் கலந்த கலவை குழலினுள்ளே சென்று முன்போலவே நிகழும். பீச்சான்களின் உதைப்புகளைத் துலேநேமி (Fly wheel) என்ற சக்கரம் பதப்படுத்தி என்ஜினைச் சீராக ஓட்டும். இதனல் விமானத்திலுள்ள முடுக்கு விசிறிகள் இயங்குகின்றன.

கடைசியாக ஓட்டுபவன் எப்படி விமானத்தைப் பூமியிலிருந்து மேலே எழுப்பிக் கீழே கொண்டு வருகிருன் என்று பார்ப்போம். முதலில் என்ஜினை இயக்கித் தரையில் விமானம் சீரான கதியுடன் ஓடுமாறு செய்வான். சிறிதுதூரம் சென்றவுடன் சுக்கானிலுள்ள 'எலிவேட்டர்' (Elevator) என்னும் பாகத்தைச் சாய்த்து விமானத்தின் முன்பக்கம் உயர்ந்து மேல் எழும்புமாறு செய்து வேண்டிய உயரம் கிளம்பியவுடன், சுக்கான்களைச் சரிப்படுத்தி விமானத்தை மட்டமாக இருக்கச் செய்துகொள்ளுவான். பின் இஷ்டம்போல் வேகமாகவோ மெதுவாகவோ போய்க் கொண்டிருப்பான். கீழே இறங்கச் செய்வதற்கு என்ஜினின் விசையைக் குறைத்து, சுக்கானிலுள்ள எலிவேட்டர் (Elevator) என்னும் பாகத்தை எதிர்ப்புறமாகச் சாய்த்து விமானத்தின் முன்பக்கம் கீழ் நோக்கி இறங்குமாறு செய்துகொள்ளுவான். தரைக்கு அருகே வந்தவுடன் சுக்கான்களைச் சரிப்படுத்தி விமானம் மட்டமாக இருக்குமாறு செய்துகொள்ளுவான். என்ஜின் விசையை நன்ருகக் குறைத்துத் தரையில் சிறிது

தூரம் விமானத்தை ஓடச் செய்தே நிறுத்துவான். நிற்கும்முன் தரை மீது சுமார் முப்பது மைல் வேகத்துடன் இது சென்று நிற்கும். இதுவே விமானத்தின் அமைப்பும் செயல் முறையும் ஆகும்.

4

சூரியனும் சந்திரனும்

"ஒளி தருவது யாது? தீராத இளமையுடையது யாது? வெய்யவன் யாவன்? மழை எவன் தருகிறான்? உயிர் எவன் தருகிறான்? ஞாயிறு; அது நன்று" என்று பாரதியார் சூரியனைப் போற்றுகிறார். இவ்வாறு கவித் திறமையினால் அழகாய்க் கூறப்பட்ட விஷயங்களைப்பற்றி விஞ்ஞானிகள் கொண்டுள்ள கருத்துக்களை ஆராய்வோம்.

வானவெளியில் பிரகாசிக்கும் எண்ணற்ற நட்சத்திரங்களில் சூரியன் நமக்கு அருகிலுள்ள ஒரு சிறிய நட்சத்திரமாகும். அது சுமார் ஒன்பது கோடி மைல் தூரத்திற்கப்பால் இருக்கிறது. அதன் பிரகாசத்தைத் தக்க சாதனங்களைக்கொண்டு குறைத்துப் பரிசோதித்துப் பார்த்ததில் அதன் பரப்பு முழுவதும் ஒரே அளவாகப் பிரகாசிக்கவில்லை என்று அறிந்தார்கள். அப்பரப்பு முழுவதிலும் ஜுவாலைகள் படர்ந்தெரிவதைக் கண்டார்கள். இவைகளின் நடுவே திட்டுத்திட்டாகச் சில இடங்கள் மங்கித் தோன்றுவதையும் அம்மங்கிய பாகங்கள் காலப் போக்கில் அடிக்கடி மாறிக் கொண்டு வருவதையும் உணர்ந்தார்கள். இவைகளைத் தான் சூரியனுடைய களங்கங்கள் (Dark Spots) என்று கூறுவர். இவற்றை ஆராய்ந்து சூரியனைப்பற்றி அநேக விஷயங்களைத் தெரிந்துகொண்டார்கள். சூரியனும் பூமியைப்போல் தன்னைத்தானே சுற்றிவருவது

புலனுயிற்று. ஆனால் சுற்றி வரும் நேரம் இடத்திற்கு இடம் வேறுபடுகிறது. சராசரி மூன்று அல்லது நான்கு வாரத்திற்கு ஒரு முறை இது தன்னைத்தானே சுற்றி வருகிறது. இந்த நேரம் இடத்திற்கு இடம் மாறுவதிலிருந்து சூரியன் திடப்பொருளாய் இல்லாமல் ஆவி நிலையில் இருக்கவேண்டும் என்று அனுமானிக்கலாம். நிற்க உஷ்ணமாயிருப்பதிலிருந்தே சூரியன் ஆவி நிலையில்தான் இருக்கவேண்டுமென்று உணரலாம். சூரியனுடைய மத்திய பாகத்தைப் பிழம்பு மண்டலம் (Photosphere) என்பார்கள். இதைச் சூழ்ந்துள்ள பாகங்கள் சற்றுக் குறைவான சூட்டில் இருக்கின்றன என்று கண்டார்கள். இப்பொழுது பிழம்பு மண்டலத்தின் வெப்ப நிலைக்கும் அதன் இறுக்கத்திற்கும் உள்ள முரண்பாட்டைக் கவனிப்போம். பூமிப்பரப்பின் மீது நிற்கும் பவனத்தின் அழுத்தத்தை அல்லது இறுத்தத்தை (Atmospheric pressure) நாம் உணருவோம். இது ஒரு சதுர அங்குலப் பரப்புக்குப் பதினைந்து பவுண்டு எடை என்று பரிசோதனையினால் கண்டிருக்கிறார்கள். இதை அலகாகக் (unit) கொண்டு வாயுக்களின் இறுக்கங்களையும் ஆவிகளின் இறுக்கங்களையும் அளவிடுவது வழக்கம். பிழம்பு மண்டலத்தின் இறுக்கம் பவன இறுக்கத்தில் கோடிக்கணக்கான மடங்குகளாய் இருக்கவேண்டும் என்று உணர்ந்தார்கள். அளவு கடந்த இறுக்கத்தையும் அளவு கடந்த சூட்டையும் கொண்டதனால் இருவிதப் பௌதிக நிகழ்ச்சிகள் ஏற்படுகின்றன. ஒரு பொருளின் சூடு உயர்ந்தால் அது அகற்சியடையும் என்று அறிவோம். எனவே, அதிகச் சூட்டின் விளைவாகச் சூரியன் அகற்சி பெறவேண்டும் என்று ஏற்படுகிறது. நிற்க, ஒரு பொரு

ளின்மீது இறுக்கம் பிரயோகிக்கப்பட்டால் அது சுருங்கும் என்று நாம் அறிவோம். சூரியன்மேல் இறுக்கமும் அளவு கடந்திருப்பதால் அதற்கு ஏற்றவாறு அது சுருங்கவேண்டும் என்று ஆகிறது. சூட்டின் விளைவாக ஏற்படும் அகற்சியும், இறுக்கத்தின் விளைவாக ஏற்படும் சுருக்கமும் ஒன்றையொன்று எதிர்த்துத் துலைப்படவே, சமநிலை நிறுவப்பெற்றிருக்கிறது. எனவே சூரியனிலுள்ள பொருள் மிகச் சுருங்கியும், அதிக இறுக்கத்துடனும் மிகுந்த சூட்டுடனும் இருக்கின்றது என்று உணரலாம்.

சூரிய ஒளியைப் பரிசோதித்து அது பல வேறு நிறங்களுடைய ஒளிகளின் சேர்க்கை என்று நியூட்டன் என்ற பேரறிஞர் காட்டினர். இவ்வொளிகளின் சேர்க்கைக்கு நிறமாலை (Spectrum) என்று பெயரிட்டார். இதன் ஒரு முனை செந்நிறமாகவும் மற்ற முனை ஊதா நிறமாகவும் இருப்பதைக் காட்டினர். இதன் நடுவே மற்ற ஒளிகள் இருக்கின்றன. நிற்க ஆவி நிலையில் இருக்கும் ஒவ்வொரு தாதுவும் தழலிடப்பட்ட போது தனக்குச் சிறப்பியல்பான ஒளி ஒன்றை வெளியிடக் கூடும் என்று அறியப்பட்டது. இதே நிலையில் ஆவியினுள் வேறொரு ஒளியைச் செலுத்தினுல் அதனின்று தான் வெளியிடக்கூடிய ஒளியின் பகுதியை மட்டும் உட்கொண்டு மிகுதியை அது வெளியிடுவதைக் கண்டார்கள். இந்தக் கருத்தைக் கொண்டு சூரியனது பிழம்பு மண்டலத்தைச் சூழ்ந்துள்ள ஆவிகளை அறிந்தார்கள். அதாவது பிழம்பு மண்டலத்திலிருந்து வெளிப்படும் வெண்ணிற ஒளி அதைச் சூழ்ந்து பல்லாயிரம் மைல்கள் வரையில் பரவியிருக்கும் வர்ண மண்

டலத்தைக் (Chromosphere) கடந்து வரும்பொழுது அங்கே தழல் நிலையிலுள்ள வாயுக்களும் ஆவிகளும் தத்தமக்குச் சிறப்பியல்பான நிறமாலைகளுக்குரிய ஒளியை அருந்தி விடுகின்றன. அதற்குத் தகுந்த வாறு மிஞ்சி வரும் நிறமாலையில் கருங்கோடுகள் காணப்படுகின்றன என்று அறிந்தார்கள். இந்தச் சோதனையிலிருந்து சூரியனில் நீரகம் (Hydrogen), ஸோடியம் (Sodium), பேரியம் (Barium) மாக்னீஸியம் (Magnesium), கால்ஸியம் (Calcium) முதலிய தாதுக்கள் இருப்பதாக உணர்ந்தார்கள். மேலும் ஹீலியம் (Helium) என்னும் தாது சூரியனிடத்தில் காணப்பட்ட முப்பது ஆண்டுகளுக்குப் பின்னரே பூமியில் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது.

பூமியின் வயது சுமார் முன்னூறுகோடி வருஷங்கள் என்று மதிப்பிட்டிருக்கிறார்கள். எனவே சூரியன் இதைவிட அதிக வயதுடையதாய் இருக்க வேண்டும் என்று ஆகிறது. இவ்வளவு காலமாகச் சூரியன் ஓயாமல் வெப்பத்தையும் ஒளியையும் வெளியிட்டுக் கொண்டே வந்திருக்கிறது. இந்த ஆற்றலை அது எவ்வாறு பெற்றது? இதற்கு முடிவு உண்டா? என்பவற்றைப்பற்றி விஞ்ஞானிகள் கொண்டுள்ள கருத்துக்கள் மாறிக்கொண்டே வந்திருக்கின்றன. சூரியன் ஆரம்பத்தில் இப்பொழுது இருப்பதைவிட மிகவும் பெரிதாக இருந்திருக்க வேண்டும் என்றும், நாளடைவில் அது வரவரச் சுருங்கிக்கொண்டு வந்திருக்க வேண்டும் என்றும் இப்படிச் சுருங்குவது ஏராளமான சூடு உற்பத்திக்கும் மிகுந்த ஆற்றல் வெளி வருவதற்கும் காரணமாய் இருந்திருக்க வேண்டும் என்றும்

கெல்வின் என்ற பேரறிஞர் முதலில் எடுத்துக் கூறினுர். சென்ற இருநூறு கோடி வருஷங்களாகச் சூரியனிடமிருந்து வெளிவந்திருக்கும் ஆற்றலின் அளவுக்கும், சுருங்குவதால் உண்டாகும் மொத்த ஆற்றலுக்கும் வேற்றுமை அதிகமாய் இருப்பதை உணர்ந்தார்கள். எனவே கெல்வின் கொண்ட கருத்துத் தவறு என்று கைவிடப்பட்டது. கதிரியக்கச் சிதைவினுல் வெளிப்படும் மிகுந்த ஆற்றலைக் கண்டு சூரியனிடம் இவ்வாறுன கதிரியக்கச் சிதைவு எப்பொழுதும் நிகழ்ந்து வந்திருக்க வேண்டும் என்று கருதினுர்கள். இதுவும் உண்மைக் காரணம் அல்ல என்று கைவிடப்பட்டது. அணுக்களின் சிதைவினுல் வெளிப்படும் ஆற்றலைப்போல் அணுக் கருக்களும் மின்னுருக்களும் சேரும்பொழுதும் அதிக ஆற்றல் வெளிப்படுவதை உணர்ந்து அந்த நிகழ்ச்சி இதற்குக் காரணமாய் இருக்கலாம் என்று ஊகித்தார்கள். இதிலிருந்துதான் சரியான காரணத்தைச் சமீபத்தில் விஞ்ஞானிகள் உணர்ந்தார்கள். இதைக் காட்டியவர் பெதே (Bethe) என்பவர். ஐன்ஸ்டைன் கொள்கைப்படி பொருள் ஆற்றலாகவும் ஆற்றல் பொருளாகவும் மாறலாம் என்று தெரிய வந்தது. சூரியனிடம் நீரக வாயு இருப்பதை முன்பு கண்டோம். இந்த நீரகம் அணுக்களாக மாறக் கூடும் என்று நினைக்கப் போதுமான சான்று இருக்கிறது. நாலு நீரக அணுக்கள் சேர்ந்து ஒரு ஹீலிய அணு ஆகின்றது. ஆனுல் ஒரு ஹீலிய அணுவின் நிறை நாலு ஹைட்ரஜன் அணுக்களின் மொத்த நிறைக்குச் சற்றுக் குறைந்தது. இம்மாறுதலில் நசித்த பொருள் ஆற்றலாக வெளிப்பட்டிருக்க வேண்டும். சூரியனிடம் ஏராளமாக நீரகம் இருப்பதால் அது நாள

டையில் ஹீலியமாக மாறும். இவ்வாறு மாறுவதற்குப் பொருள் அழிவு ஏற்படும். இதனால் உண்டாகும் ஆற்றல், சூரியனிடமிருந்து வெளிப்பரவும் ஆற்றலுக்குக் காரணமாகிறது என்பதுதான் பெதேயின் கருத்து. இது உண்மையாய் இருக்கலாம் என்று விஞ்ஞானிகள் கருதுகிறார்கள். சூரியனிடம் இருக்கும் எல்லா நீரகமும் ஹீலியமாக மாறுவதற்கு இன்னும் சுமார் ஆயிரம் கோடி வருஷங்கள் ஆகும் என்றும், பிறகு சூரியன் ஆற்றலை இழந்து சிதறிவிடும் என்றும் விஞ்ஞானிகள் கருதுகிறார்கள்.

மற்ற கிரகங்களைக் காட்டிலும் சந்திரன் மிகச் சிறியதாய் இருந்தாலும் அது பூமிக்கு மிகச் சமீபத்தில் இருப்பதால் சூரியனுக்கு அடுத்த படியாக விஞ்ஞானிகள் அதைக் கவனித்து வருகிறார்கள். வெகு காலத்துக்கு முன் பூமியினிடமிருந்து ஒரு சிறு பாகம் விலகிப் பிரிந்தது என்றும் அது பிரிந்த காலத்தில் பூமியின் உஷ்ண நிலை மிகவும் உயர்ந்து இருந்திருக்கவேண்டும் என்றும் கருதப்படுகிறது. இவ்வாறு பிரிந்த பாகமே சந்திரனாகும். இது பூமியின் கவர்ச்சிக்கு உட்பட்டு அதைச் சுற்றிக்கொண்டே வருகிறது. இதன் உருண்டை வடிவத்தின் ஒரு பாதியையே நாம் எப்போதும் பார்த்து வருகின்றோம். சந்திரன் பூமியை ஒரு முகத்துடன் நோக்கிக் கொண்டே வட்டமிட்டுக் கொண்டு வருவதே இதற்குக் காரணமாகும். தூரதரிசினியைக் கொண்டு கவனித்தால் சந்திரன் மலைத் தொடர்கள் நிறைந்த ஒரு பிரதேசம் போல் காணப்படுவது புலனாகும். அதில் அணைந்த எரிமலைகளும் தோன்றுவதைக் கண்டார்கள். மற்ற கிரகங்களைப் போல் சூரிய வெளிச்சத்தைப் பிரதிபலிப்பதனாலேயே

சந்திரனும் பிரகாசிக்கிறது. சந்திரனிடமிருந்து வரும் ஒளியையும், பலவிதப் பொருள்களின் மீது பிரதிபலித்து வரும் ஒளியையும் ஆராய்ந்து சந்திர னது ஒளி எரிமலைச் சாம்பலினின்று பிரதிபலித்து வருகிற சூரிய வெளிச்சத்தைப் போல் இருக்கிறது என்று கண்டார்கள். சந்திரனுடைய பரப்பில் சாம்பல் மிகுந்திருந்தால் சூரியனிடமிருந்து சந்திரன் அடை யும் வெப்பம் அதனுள் பரவாமல் அதன் வெளிப் பரப்பின் மீதே தங்கிவிடும். சந்திர கிரகணம் ஏற் படுவதற்கு முன்னும் ஏற்பட்ட பின்னும் அதன் பரப்பில் உண்டாகும் வெப்ப நிலையின் மாறுதலை அளந்தார்கள். கிரகணம் பிடித்த சிறிது நேரத்திற் குள் சுமார் முந்நூற்று நாற்பத்தாறு பாரன்ஹீட் பாகைகள் சூடு குறைவதைக் கண்டார்கள். எனவே அணைந்த எரிமலைகளின் சாம்பல் அதில் மிகுந்திருப் பது உறுதிப்படுத்தப்பட்டது. நிற்க, சந்திரனிடம் பவனம், நீர் நிலைகள், மழை, பனி முதலியன இல்லை என்று அறிந்தார்கள். ஏரிகள், ஆறுகள் போன்ற நீர் நிலைகள் இருக்குமானால் அவற்றிலிருந்து பிரதி பலித்து வரும் ஒளியின் தன்மையை நாம் அறிவோம். ஆதலால் அவை ஒன்றும் அங்கே இல்லை என்று தீர்மா னித்தார்கள். எனவே அதில் தாவரங்கள், பிராணி கள் முதலியன இருக்கமுடியாது என்று ஊகிக்கலாம். கடைசியாக, சந்திரன் பூமியைச்சுற்றி வருவதனால் பூமியின் இயக்கத்தில் ஏற்படக்கூடும் மாறுதல் ஒன் றைக் கவனிப்போம். பூமிக்கும் சந்திரனுக்கும் இடையே பரஸ்பரம் உள்ள கவர்ச்சிச் சக்தியின் விளை வாக, பூமியின் மீதுள்ள கடல்நீர் சந்திரனால் கவரப்படு கிறது. இதன் காரணமாக நாளடைவில் பூமி தன்னைத்

தானே சுற்றிவரும் வேகம் குறைந்து, அதனால் பூமி ஒரு முறை தன்னைத் தானே சுற்றிவரும் காலம் நீடித்துக்கொண்டே வரும் என்று கருதினார்கள். முடிவில் சந்திரன் பூமியை ஒரு முறை சுற்றுவதற்கான காலமும் பூமி தன்னைத் தானே சுற்றுவதற்கான காலமும் ஒன்றாகிவிடும் என்றும், அப்பொழுது பூமியின் ஒரு பாதியில் உள்ளவர்களுக்கு மட்டும் இரவில் எப்பொழுதும் சந்திரன் தோன்றும் என்றும், மற்றொரு பாதியில் உள்ளவர்களுக்குச் சந்திரன் ஒருபொழுதும் தோன்றாதென்றும் கருதுகிறார்கள். இது நிகழ்வதற்குக் கோடிக் கணக்கான ஆண்டுகள் ஆகும் என்று கூறப்படுகிறது.

5

ஸங்கீதம்

கலைகள் எல்லாவற்றிலும் மேன்மையானது ஸங்கீதக் கலை. மனிதனுடைய மன எழுச்சிகளை முறைப் படுத்தி வெளியிடுவதையே எல்லாக் கலைகளும் முக் கிய நோக்கமாகக் கொண்டிருக்கின்றன. இவை எல் லாவற்றிலும் ஆனந்தம், கற்பனை, மேதா விலாசம் போன்ற அம்சங்களைக் காணலாம். முதல் முதலில் ஸங்கீதத்தின் வசிய சக்தியை மனிதன் எப்பொழுது உணர்ந்தான் என்று திட்டமாகச் சொல்ல முடி யாது. நம்மிடையே வழங்கிவரும் புராணக் கதை யிலிருந்து கிருஷ்ண பரமாத்மாவின் ஸங்கீதத் திறமை எத்தகையதாய் இருந்தது என்பதை உணரலாம். இதைப் பற்றி ஒரு கவி, "கடும்புலிகள் அயர்ந்து சித்ர காயமெனும் பெயர் விளங்க, கொடும் பணிகள் மாலையதாய்க் குலரத்ன விளக்கேற்றக், கருங்கல்தான் வெண்ணெயெனக் கரைந்தோட" என்று வருணித் துக்கொண்டே போகிறார். ஹிந்துக்களாகிய நாம் ஸங்கீதக் கலைக்கு ஒரு தெய்விகத் தன்மைகூட அளிக் கின்றோம். கடவுளை நாதப் பிரம்மம் என்று போற்று வார் அனேகர். இதுபோலவே நாகரிகம் வாய்ந்த ஒவ் வொரு தேசத்தினரிடையேயும் ஸங்கீதக்கலை உன்னத ஸ்தானத்தை வகித்து வருகின்றது. மேல்நாட்டாரின் ஸங்கீதத்திற்கும் நம்முடைய கர்நாடக ஸங்கீதத்திற்

கும் உள்ள சில ஒற்றுமை வேற்றுமைகளை இந்தக் கட்டுரையில் காண்போம்.

ஸங்கீதத்திற்கு முக்கியமாக மூன்று அம்சங்கள் உண்டு. அவை Rhythm, Melody, Harmony எனப் படும். முறையே இவற்றை லய இசை என்றும், ஒழுங்கு இசை என்றும், ஒருங்கு இசை என்றும் குறிப்பிடலாம். லய இசை எனப்படுவது, ஒலிகளுக்கு இடையேயுள்ள கால அளவைக் குறிக்கும். இதனுல் ஏற்படும் சுகத்தையே மக்கள் முதல்முதலில் அனுப விக்கக் கற்றுக்கொண்டார்கள். ஒழுங்கு இசை எனப்படுவது, ஒலிகளைச் சுருதி ஏற்றத் தாழ்வுகளு டன் அடுத்தடுத்துத் தொகுதிகளாக உச்சரிக்கும் போது, அவைகளினிடையே உண்டாகும் சம்பந்தத்தி னுல் ஏற்படும் இன்ப உணர்ச்சியைக் குறிக்கும். ஒருங்கு இசை எனப்படுவது, பல ஒலிகளைச் சேர்ந் தாற்போல் உச்சரிக்கும்போது உண்டாகும் இன்ப உணர்ச்சியைக் குறிக்கும். பின்னே கூறிய இரண்டு அம்சங்களும் முதல் அம்சத்தைக் காட்டிலும் அதிக மாக எல்லோராலும் போற்றப்பட்டு வருகின்றன. இதனுல் லய இசை அவ்வளவு முக்கியமானதன்று என்று முடிவு கட்டக்கூடாது. அதற்கு ஓர் அளவுக் குத்தான் ஸங்கீதத்தில் இடம் உண்டு என்று அறிய வேண்டும். மேனுட்டார்கள் ஒருங்கு இசையைப் பிரதானமாகக்கொண்டு அவர்கள் ஸங்கீதத்தை அபி விருத்தி செய்துவருகின்ருர்கள். கர்நாடக ஸங்கீதத் தில் ஒழுங்கு இசை என்ற அம்சமே முக்கிய ஸ்தா னத்தைப் பெற்றிருக்கிறது. இந்த வேற்றுமையைச் சற்றே விவரிப்போம்.

ஒலிகளெல்லாம் துடிக்கும் பொருள்களிலிருந்து

வெளிப்படுகின்றன என்பது யாவரும் அறிந்த விஷயம். இவற்றில் சில இனிமையாகவும் மற்றவை வெறுப்பாகவும் இருப்பதைப் பார்க்கலாம். இனிமையான ஒலிகளுக்கெல்லாம் தமக்கென்று ஒரு குறிப்பிட்ட சுருதி உண்டு. சுருதி என்பது ஒலியை உண்டாக்கும் பொருளின் துடிப்பு வேகத்தைச் சார்ந்திருக்கும். அதாவது துடிப்புக்களின் எண்ணிக்கை (Vibration number) சுருதியை நிர்ணயிக்கும். பாடும்போது ஒலிகளைச் சேர்த்தோ ஒவ்வொன்ருகவோ உச்சரிக்கின்ருேம். ஒலிகளின் சுருதியை மாற்றும்போது படிப்படியாக மாற்றுவதைக் கவனிக்கலாம். இந்தப் படிக்கட்டுகளைத்தான் நாம் ஸ்வரஸ்தானங்கள் என்று கூறுகிருேம். இவற்றை ஸ, ரி, க, ம, ப, த, நி என்று குறிப்பிடுகிருேம். 'ரி' என்ற ஒலியின் துடிப்பு எண் 'ஸ' என்ற ஒலியின் துடிப்பு எண்ணைக் காட்டிலும் அதிகமாகவும், 'க' வின் எண், 'ரி' யின் எண்ணைக் காட்டிலும் அதிகமாகவும் இருக்கும். இவ்வாறே மற்ற ஸ்தானங்களின் துடிப்பு எண்கள் ஒவ்வொன்றும் அதிகரித்துக்கொண்டே போகும். இந்த மாதிரியாக ஒலியின் சுருதியைப் படிப்படியாக உயர்த்திக்கொண்டே சென்று திரும்பவும் அதே மாதிரியாகக் குறைத்துக்கொண்டே வருகின்ருேம். இந்த ஆரோஹண அவரோஹணக் கிரமத்திற்குத்தான் மியூஸிகல் ஸ்கேல் (Musical scale) அல்லது ராகம் என்று பெயர். இதையே நாம் மேளகர்த்தா என்று குறிப்பிடுகிருேம். நம்மிடம் எழுபத்திரண்டு மேளகர்த்தாக்கள் பிரபலமாய் இருக்க மேனுட்டார்களிடம் இரண்டே ராகங்கள்தாம் அனுஷ்டானத்தில் உள்ளன. இவ்விரண்டையும்

மேனுட்டார்கள் மேஜர் ஸ்கேல் (Major scale) என்றும் மைனர் ஸ்கேல் (Minor scale) என்றும் குறிப்பிடுகிறார்கள். மேஜர் ஸ்கேல் நம்முடைய சங்கராபரண ராகத்தைப் போலவும், மைனர் ஸ்கேல் கரகரப்பிரியாவைப் போலவும் இருக்கும். நாம் ஸ, ரி, க, ம, ப, த, நி என்று ஸ்வர ஸ்தானங்களைக் குறிப்பிடுவது போல் அவர்கள் ஸ்வரங்களை C, D, E, F, G, A, B என்று குறிப்பிடுகிறார்கள். ஸ்வரங்களுக்கிடையே உள்ள அளவுச் சம்பந்தத்தைக் கவனிப்போம். உதாரணமாக, மேனுட்டாரின் மேஜர் ஸ்கேலை அதாவது நம்முடைய சங்கராபரண ராகத்தை எடுத்துக்கொள்வோம். ஒரு குறிப்பிட்ட துடிப்பு எண் உள்ளவாறு ஆதாரச் சுருதியை வைத்துக்கொண்டு முதலில் ‘ஸ’ என்ற ஸ்வரத்தை அந்தச் சுருதியில் உச்சரிக்க வேண்டும். பின்னர் இந்தத் துடிப்பு எண்ணைக் காட்டிலும் $\frac{9}{8}$ மடங்கு துடிப்பு எண்ணுள்ள ஒலியை ‘ரி’ என்று உச்சரிக்கவேண்டும். அப்போதுதான் சங்கராபரண ரிஷபஸ்தானம் பேசும். இவ்விரண்டு ஸ்வரஸ்தானங்களின் துடிப்பு எண்களுக்கு உண்டான தகவையே (ratio) இடைவெளி (interval) என்று கூறுவார்கள். எனவே ஸ-வுக்கும் ரி-க்கும் உண்டான இடைவெளி $\frac{9}{8}$ ஆகும் என்று அறியலாம். மேனுட்டாரின் மேஜர் ஸ்கேலில் C—D இரண்டிற்கும் உள்ள இடைவெளியும் $\frac{9}{8}$ ஆகும் என்று அறியலாம். முறையே க-ரி, ம-க, ப-ம, த-ப, நி-த, ஸ-நி என்ற இரண்டிரண்டு ஸ்வரங்களுக்கும் உண்டான இடைவெளி $\frac{10}{9}$, $\frac{16}{15}$, $\frac{9}{8}$, $\frac{10}{9}$, $\frac{9}{8}$, $\frac{16}{15}$ என்று இருக்கும். இந்த இடைவெளிகள் இம்மாதிரி அமைந்திருந்தாலன்றி, சங்கராபரண ராகமோ அல்லது மேஜர் ஸ்கேலோ

உண்டாகாது. ஒவ்வொரு ராகத்தின் ஸ்வரூபமும் இந்த இடைவெளிகளைப் பொறுத்துத்தான் இருக்கிறது. ஸங்கீதத்தை அப்பியசிப்பதற்குமுன் இந்த இடைவெளிகளை நன்கு உணருவதற்கும், உச்சரிப்பதற்கும், பல ராகங்களில் ஸரளிவரிசைகளைப் பாடக் கற்றுக்கொடுப்பார்கள். இதில் மேனாட்டார்களுக்கும் நமக்கும் ஒரு வித்தியாசம் உண்டு. நம்முடைய ராகங்களிலோ, பாட்டுக்களிலோ இடைவெளிகள் சற்றும் ஏற்றக் குறைவு இல்லாமல் சுத்தமாக இருக்கவேண்டும். அவர்களுக்கு இது வேண்டியதில்லை. அவர்கள் பெரும்பாலும் வாத்திய ஸங்கீதத்தையே விரும்புவார்கள். பல ஒலிகளைச் சேர்ந்தாற்போல் பலவித வாத்தியங்களிலிருந்து எழுப்பவேண்டியிருப்பதால் சௌகரியத்தை உத்தேசித்து, இடைவெளிகளின் அளவுகளைச் சுத்தமாகப் பிடித்துப் பாட்டுக்களை அவர்கள் வாசிப்பதில்லை. சுத்தமாக இருப்பின் அவர்கள் விரும்பும் ஆதாரச் சுருதியை மாற்ற முடியாமல் போய் விடுகிறது. எனவே அவர்கள் கீழ் ஷட்ஜத்திலிருந்து மேல் ஷட்ஜம் வரையில் உள்ள இடைவெளியைப் பன்னிரண்டு ஸமபாகமாகப் பிரித்துவிட்டார்கள். இந்தக் கருத்தை மேற்கொண்டே வாத்தியங்களையும் அமைத்திருக்கிறார்கள். அவர்கள் மிகவும் கொண்டாடும் பியானோ வாத்தியத்தையும் ஹார்மோனிய வாத்தியத்தையும் இதற்கு உதாரணமாகக் கூறலாம். ஹார்மோனிய வாத்தியத்தில் ஒரு ஸ்தாயியில் (octave) கறுப்பு வெளுப்புக் கட்டைகள் பன்னிரண்டு இருப்பதை அனைவரும் பார்த்திருக்கலாம். ஷட்ஜங்களைத் தவிர மற்ற ஸ்வரஸ்தானங்கள் சுத்தமாய் இருக்கமாட்டா. இதனால்தான் நம்முடைய

ஸங்கீத வித்துவான்கள் அனைவரும் ஹார்மோனிய வாத்தியத்தை உபயோகிக்கக் கூடாது என்று கூறுகிறார்கள்.

இப்பொழுது நம்முடைய கர்நாடக ஸங்கீதத்திற்கும் அவர்களுடைய ஸங்கீதத்திற்கும் உள்ள மற்றொரு வித்தியாசத்தைப் பார்ப்போம். அவர்கள் ஸங்கீதத்தைத் தகுந்த அடையாளங்களைக்கொண்டு புஸ்தகத்தில் எழுதிவிடுவார்கள். இதற்கு ஸ்டாப் நொடேஷன் (Staff Notation) என்று பெயர். இவ்வாறு எழுதப்பட்ட பாட்டுக்களை மற்றவர்கள் வாசித்துவிடுவார்கள். காகிதத்தில் குறிப்பதற்கு முன் அதில் இணையாகப் பல கோடுகளை வரைந்துகொள்ளுவார்கள். ஆதாரச் சுருதிக்குத் தகுந்தவாறு கோடுகளின் தலைப்பில் எங்கிருந்து ஸ்வர ஸ்தானங்களை உச்சரிக்கவேண்டும் என்று குறிக்கப்பட்டிருக்கும். ஸ்தானங்களை உச்சரிக்க வேண்டிய கால அளவுக்குத் தகுந்தவாறு அவற்றை அடையாளங்களில் குறிப்பது வழக்கம். கோட்டின் மீதும் கோடுகளுக்கு இடையேயும் வரிசையாக ஸ்தானங்கள் குறிக்கப்பட்டிருக்கும். கோடுகளின் குறுக்கே செங்குத்தான கோடுகளை வரைந்து தாளத்தைக் காட்டுவார்கள். இதைப்போல நம்முடைய கர்நாடக ஸங்கீதத்தை ஏன் எழுதக்கூடாது என்று சிலர் நினைக்கலாம். இவ்வாறு எழுதுவதைத்தான் பாட்டுக்களை ஸ்வரப்படுத்துவது என்று கூறுவர். ஸ்வரப்படுத்திய கீர்த்தனைகளைக்கொண்டு பாடம் பண்ணுவது எளிதன்று. ஏனெனில் நம்முடைய ஸங்கீதத்திற்கு ஆதாரமாயுள்ளது ராகம். ராக ஆலாபனையில் ஸ்வரஸ்தானங்களைக் கமகங்களுடன் பிடித்தால் தான் ராகத்தின் ஸ்வரூபம் முழுவதும் உண்டாகும்.

இவ்வாறு ஸ்தானங்களை அசைத்துப் பிடிப்பதால் அவற்றின் துடிப்பு எண்களைப் பூராவும் நிர்ண யிக்க முடியாமற் போய்விடுகிறது. மேல் நாட்டார் களுக்கு இந்த நிர்ப்பந்தம் இல்லை. ஏனெனில் பெரும்பாலும் ஸ்வர ஸ்தானங்களை மொட்டையாகப் பிடிப்பதுதான் அவர்கள் வழக்கம். ஆகையினால் நமக்கு நொடேஷனின் உபயோகம் சிறிதளவே ஆகும்.

கடைசியாக, அவர்கள் ஸங்கீதத்தின் முக்கிய அம்சமான ஒருங்கு இசையைச் சற்று விளக்குவோம். இரண்டு ஒலிகளை ஒரே சமயத்தில் உச்சரித்தால் அவை இரண்டும் ஒத்து, காதுக்கு இன்ப உணர்ச்சி யைக் கொடுக்குமானால் அவை ஒத்த ஸ்வரங்கள் (Concordant notes) எனப்படும். அவ்வாறு இல்லா மல் வெறுப்பை உண்டுபண்ணினால் அவை பகை ஸ்வ ரங்கள் (Discordant notes) எனப்படும். ஒரு ஸ்தாயி யில் எந்த எந்த இரண்டு ஸ்வரங்களைச் சேர்த்து உச் சரித்தால் இன்ப உணர்ச்சி ஏற்படுகிறது என்பதைச் சுலபமாக அறியலாம். கீழ் ஷட்ஜ மேல் ஷட்ஜச் சேர்க்கை முதல்தரமாக இருக்கும். அடுத்தாற் போல் ஷட்ஜமும் மத்தியமமும் நன்றாகச் சேரும். ஆனால் நிஷாதமும் ஷட்ஜமும் வெறுப்பைக் கொடுக் கும். இப்படியே மற்றச் சேர்க்கைகளையும் பாடிக் காணலாம். இதைப்போலவே ஒரே சமயத்தில் மூன்று ஒலிகளை உச்சரிக்கும்போது, அவற்றினிடையே ஒற் றுமை உண்டாகி, இன்ப உணர்ச்சி ஏற்படுவதற்கு, எந்த எந்த மூன்று ஸ்வரங்களைச் சேர்க்கவேண்டும் என்று பார்க்கலாம். அதே மாதிரியாக ஒரே சமயத்தில் நான்கு ஒலிகளை உச்சரிக்கும்போது, அவற்றினி

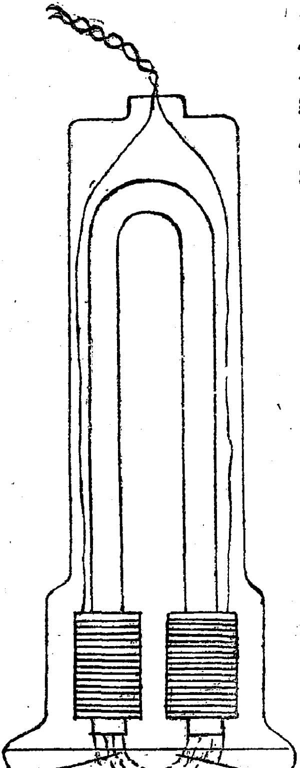
டையே ஒற்றுமை ஏற்பட்டு, இன்ப உணர்ச்சி பெறுவதற்கு உண்டான நிபந்தனைகளையும் காணலாம். அதைத்தான் மேனாட்டார்கள் அவர்கள் ஸங்கீதத்தில் செய்கின்றார்கள். அவர்களின் வாத்திய கோஷ்டியைக் கவனித்தால் அதில் கம்பி வாத்தியங்கள், காற்று வாத்தியங்கள், பாண்டு வாத்தியங்கள் என்று பல விதம் இருப்பதைக் கவனிக்கலாம். இவற்றிலிருந்து கிளம்பும் ஒலிகள் ஒற்றுமையுடன் கலந்து, இன்ப உணர்ச்சி தருமாறு அவர்கள் பாட்டை அமைக்கின்றார்கள். நம்முடைய ஸங்கீதத்தில் அவ்வப்போது எழுப்பப்படும் ஒலிகள் ஒவ்வொன்றும் ஆதாரச் சுருதியுடன் ஒத்துவருகிறதா என்று கவனித்துப் பாடுவார்கள். எனவே ஓரளவுக்குத்தான் ஒருங்கு இசை நம்முடைய ஸங்கீதத்தில் இடம் பெற்றிருக்கிறது. அவர்களுக்கு நாம் இவ்வளவு ராகங்கள் பாடுவது வியப்பாக இருக்கிறது. அவர்களில் சிலர் நாம் காணுவதுபோல் ராக பேதங்களைக் காணுவது சாத்தியமானதன்று என்றும் கருதுகின்றார்கள். மேலும் நாம் ஆதாரச் சுருதியை மாற்றாமல் பாடுவதை அவர்கள் விரும்புவதில்லை. அவர்கள் ஸங்கீதத்தில் ஆதாரச் சுருதி அடிக்கடி மாறுவதால் கர்நாடக ஸங்கீதத்தைக் கேட்டவர்கள் அவர்கள் ஸங்கீதத்தைக் கேட்டபின் ராகத்தைக் கவனிக்க முடியாமல் திகைத்துப் போய்விடுவார்கள். அவர்கள் ஸங்கீதம் பெரிய சத்தமாகச் சிலருக்குத் தோன்றக் கூடும். அவர்களுடைய நோக்கம் வேறு, நம்முடைய நோக்கம் வேறு. அவர்களுடைய ஸங்கீதத்திலிருந்து நாம் ஒன்றையும் சேர்த்துக்கொள்ள முடியாது.

6

ஒலி பெருக்கலும் பரப்பலும்

தற்காலம் எல்லா நாடுகளிலும் ஆயிரக் கணக்கான ஜனங்கள் ஒன்றுகூடிச் சங்கீதத்தையும் பிரசங்கங்களையும் கேட்க வசதிகள் மலிந்துள்ளன. இந்தக் கூட்டங்களில் உள்ள ஒவ்வொருவருக்கும் நன்முகக் கேட்குமாறு ஒலி பெரிதாக்கப்படுகின்றது. இவற்றுக்கெல்லாம் காரணமாயுள்ள விஞ்ஞானக் கருவிகளைப் பற்றி இக்கட்டுரையில் கவனிப்போம்.

முதலில் "மைக்" என்று சொல்லப்படும் கருவியை எடுத்துக்கொள்வோம். இதன் எதிரே ஒருவர் பேசும்பொழுது காற்றில் ஒலி அலைகள் உண்டாகின்றன. அவர் வாய்க்கு அருகிலுள்ள காற்றுப் படலத்தில் அடர்த்தி, தளர்த்திகள் (Condensations and rarefications) ஏற்படுகின்றன. இவை முன்னேறிச் சென்று மைக்கிலுள்ள விதானம் (Diaphragm) என்னும் பாகத்தைத் தாக்குகின்றன. விதானம் என்பது ஒரு மெல்லிய தகடாகும். அதன்மீது விழும் ஒலி அலைகளுக்குத் தகுந்தாற்போல் விதானம் துடிக்கின்றது. இதனுல் மைக்கினுள்ளே சில மாறுதல்கள் ஏற்பட்டு இந்த ஒலித் துடிப்புகள் மின் துடிப்புகளாக மாற்றப்படுகின்றன. இது எவ்வாறு ஏற்படுகிறது என்பதைச் சற்று விளக்குவோம். கரி மைக்ரோபோன் (Carbon microphone) என்னும் ஒருவித மைக்கை முதலில் எடுத்துக்கொள்வோம்.



ஒலி பெருக்கலும் பரப்பலும் (படம் : பேல் என்பவரின் மைக்ரோபோன் - தற்கால அமைப்பு)

இதில் இரண்டு மெல்லிய தகடுகளுக்கிடையே கரித் துணுக்குகள் (Carbon granules) நிரம்பி இருக்கின்றன. தகடுகளின் மூலமாக ஒரு மின்னருவி ஓடுமாறு செய்யப்படும். தகடுகளில் ஒன்று மைக்கின் விதானமாக அமைக்கப்பட்டிருக்கும். ஒலி அலைகள் விதானத்தைத் தாக்கும்போது கரித்துணுக்குகள் அதற்குத் தகுந்தாற்போல் நசுக்கப்படுகின்றன. இதனால் கரித் துணுக்குகளின் மின் தகைவு (electrical resistance) மாறுகிறது. எனவே அதன் வழியாக ஓடும் மின்னருவியும் மிகுந்தோ குறைந்தோ போகிறது. இதனால்தான் ஒலித்துடிப்புகள் மின் துடிப்புகளாக மாறுகின்றன. "கண்டென்ஸர் மைக்ரோபோன்" (Condenser Microphone) என்று மற்றொரு வகை மைக் உண்டு. இதில் இரண்டு தகடுகளுக்கிடையே பெரியதொரு

மின்மட்ட வேற்றுமை (Potential difference) ஏற்படுத்தப்பட்டிருக்கும். உலோகத் தகடுகளில் ஒன்று துடிக்கும் விதானமாக அமைக்கப்பட்டிருக்கும். விதானத்தின்மீது ஒலி அலைகள் மோதும்போது இரண்டு தகடுகளின் இடைத் தூரம் மாறுபடுகிறது. இதனால் கருவியின் கொள்திறன் (Capacity) வேறுபட்டு, ஒலித்துடிப்புகளுக்கு ஏற்றவாறு மின்மட்ட வேற்றுமையும் மாறி, மின் அருவி குறைந்தோ மிகுந்தோ ஓடுகிறது. எனவே இங்கும் ஒலி, மின்சாரமாக மாறுவதை உணரலாம். இயங்கு சுருள் மைக்ரோபோன் (Moving coil microphone) என்ற மூன்றுவது வகை மைக்கில் நிகழும் மாறுதல்களையும் சற்றுக் கூறுவோம். மற்ற வகை மைக்குகளைக் காட்டிலும் அதிகமாகக் கையாளப்படுவது இதுவேயாகும். இதில் துடிக்கும் விதானத்துடன் பல சுற்றுக்கள் கொண்டதொரு மெல்லிய கம்பிச்சுருள் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இந்தச் சுருள் ஒரு காந்தத்தின் துருவங்களின் இடையே உள்ள சந்தில் இயங்குவதற்கு வசதி செய்யப்பட்டிருக்கும். கம்பிச் சுருளின் இரண்டு முனைகளும் இரண்டு பிடிப்புத் திருகுகளில் முடிவடையும். இந்தக் கருவியின் முன்னால் ஒருவர் பேசும்போது அதன் விதானம் துடித்து இயங்கும். இதனால் இத்துடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும் கம்பிச்சுருளும் இயங்கும். காந்தப் புலத்தில் இந்தக் கம்பிச்சுருள் இயங்குவதால் அதில் ஊட்ட மின்அருவி (Induced current) ஒன்று ஏற்படும். இந்த அருவியின் பலமும் திசையும் சுருளின் இயக்கத்திற்குத் தகுந்தவாறு இருக்கும். எனவே ஒலித்துடிப்புகள் இங்கே மின் துடிப்புகளாக மாற்றப்படுவதை உணரலாம். இந்த மூன்று வகை

மைக்ரோபோன்களிலும் ஏற்படும் மின்அருவியின் வலிமைமிகக் குறைவாக இருப்பதனுல், அதைப் பன்மடங்கு பெருக்கிய பின்னரே மறுபடியும் ஒலித் துடிப்புகளாக மாற்றவேண்டி இருக்கிறது. இப்படிப் பெருக்குவதற்கு உண்டான கருவியைப் பற்றிச் சிறிது கூறுவோம்.

இதற்குத் 'தெர்மயானிக் வால்வ்' அல்லது மின் உருக்குழாய் என்று பெயர். இது அமைப்பில் மின்சார விளக்கைப்போல் இருக்கும். இதனுள் பில மெண்டு (Filament) என்று சொல்லப்படும் மெல் லிய கம்பி ஒன்று இருக்கும். இது பெரும்பாலும் "டங்ஸ்டன்" என்ற உலோகத்திஞல் ஆனது. இதில் ஒரு மின்அருவியைச் செலுத்தியவுடன் அது நன்ருகச் சூடேறி அதன் விளைவாக மின் உருக்கள் (Electrons) அதனின்றும் எல்லாத் திசைகளிலும் வெளிப்படுவ தைக் கண்டார்கள். இதனுள் மற்ருேர் உலோகத் தகட்டைப் புகுத்தி, இதற்கும் பிலமெண்டுக்கும் இடையே ஒரு மின்பட்ட வேற்றுமையை ஏற்படுத்தி ப்ளிமிங் (Fleming) என்ற விஞ்ஞானி குமிழினுள் ஒரு பக்கமாக மின்சார ஓட்டம் ஏற்படுவதைக் கண்டார். இதை உணர்ந்த அவர் ரேடியோ அலைகளை ஏற்றுக் கொள்வதற்கு இக்கருவி சிறந்த சாதனம் ஆகும் என்று காட்டினுர். சில வருஷங்கள் சென்ற பின்னர் 'டி பார ஸ்ட்' (De Forest) என்ற விஞ்ஞானி இவ்வாறு காற்று அகற்றப்பட்ட கண்ணுடிக் குமிழில் பிலமெண்டுக்கும் தகட்டுக்கும் இடையே கண் சல்லடைத்துண்டு (Grid) ஒன்றை வைத்துப் பார்த்தார். அதன் மீது நிற்கும் மின்சாரத்துக்குத் தகுந்தவாறு குமிழினுள் மின்சார வட்டத்தின் பலமும் வேகமும் அமைவதைக் கண்

6670

டார். இதன் விளைவாக ரேடியோ அலைகளைக் கிரகிப்பதில் உள்ள இந்தக் கருவியின் உணர்ச்சி நுட்பமானது ஆயிரம் மடங்கு அதிகப்படுவதைக் கண்டார். எனவே சிறியதொரு மின் அருவியை இதைக் கொண்டு பெரிய மின் அருவியாக மாற்ற முடிந்தது. இதன் உதவியைக்கொண்டு வெகுதூரத்துக்கு அப்பாலுள்ள ஒலியையும் பக்கத்திலிருந்து வரும் ஒலியைப் போலவே மிகவும் தெளிவாகக் கேட்கும்படி செய்ய முடிந்தது. எவ்வளவு மெல்லிய சிறிய ஒலியையும் வேண்டுகிற அளவு உரத்த பேரொலியாக மாற்றவும் முடிந்தது. ஒருவனுடைய இருதயத் துடிப்பின் ஒலியை ஒரு பெரும் சபையில் கூடியிருக்கும் ஜனங்கள் எல்லோரும் ஒருங்கே கேட்கும்படியும் இதனால் செய்யலாம். இதன் விசேஷ குணம் என்னவென்றால், எவ்வித ஒலியையும் சிறிதும் குண மாறுபாடின்றிப் பெருக்க முடிவதே ஆகும். மின் உருக் குழாய்களைத் தக்கவாறு அமைத்துக்கொண்டு மைக்ரோபோனிலிருந்து வரும் அருவியை இவற்றுள் செலுத்தவேண்டுகிற அளவுக்கு அருவியின் பலத்தை மாற்றிக்கொண்டு ஒலி பெருக்கி (Loud Speaker) எனப்படும் கருவியின் உதவியால் திரும்ப ஒலியைப் பெறுகிறார்கள். ஒலிபெருக்கியின் அமைப்பைச் சிறிது கவனிப்போம்.

இதுவும் மைக்ரோபோனைப் போலப் பல ரகங்களில் செய்யப்படுகிறது. இவற்றுள் இயங்கு சுருள் ஒலி பெருக்கியே பெரும்பாலும் கையாளப்படுகிறது. இயங்கு சுருள் மைக்கில் உள்ளதுபோல இங்கும் துடிக்கும் விதானத்துடன் ஒரு சுருள் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இந்த விதானம் வாய் அகன்ற கூருருளை

வடிவங்கொண்ட கெட்டிக் காகிதத்தினுல் செய்யப் படும். கம்பிச் சுருள் வலிமை மிகுந்த காந்தத் துருவங் களினிடையே உள்ள சந்தில் இயங்குமாறு வைக்கப் பட்டிருக்கும். முன்பு பார்த்த மைக்ரோபோனில் சுருளின் அசைவினுல் மின் அருவி ஓடுவதால் சுருள் இயங்குகிறது. இதனுல் இத்துடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கிற காகித விதானமும் இயங்குகிறது. இந்த இயக்கத்தில் காற்றில் ஒலித் துடிப்புகள் உண்டாகி ஒலி அலைகள் பரவுகின்றன. இவ்வொலி அலைகள் மைக்கின் முன்னுல் பேசியவரின் ஒலி அலைகளைப்போல் இருக்கும். எனவே அவருடைய ஒலியையே திரும்பக் கேட்க முடியும். இயங்கு சுருள் ஒலி பெருக்கிகளில் முக்கியமானவை Cabinet Loud Speaker, Projector Loud Speaker, Baffle Loud Speaker என்பவையாகும். சந்தர்ப்பத்திற்குத் தகுந்தவாறு அவை பயன்படும். காபினெட் ஒலி பெருக்கியில், ஒலி பெருக்கி ஒரு பெட்டிக்குள் வைக்கப்பட்டிருக்கும். அந்தப் பெட்டியின் நான்கு பக்கங்களிலிருந்தும் ஒலி வெளியே பரவுமாறு பெட்டி அமைக்கப்பட்டிருக்கும். பாபிள் ஒலி பெருக்கியில், பரப்பு அதிகமுள்ள மெல்லியதொரு பலகையின் பின்னுல் பல ஒலி பெருக்கிகள் வைக்கப்பட்டு இவை எல்லாம் பலகையுடன் சேர்க்கப்பட்டிருக்கும். பலகையின் பரப்பு முழுவதும் துடித்து ஒலி அலைகள் காற்றில் உண்டாகும். பரப்பு அதிகமாய் இருப்பதால் ஒலி பெருமுழக்கத்துடன் வெளிவரும். ப்ரொஜெக்டர் ஒலி பெருக்கியில், ஒரு நீண்ட புனலின் (Funnel) அடிப்பாகத்தில் ஒலிபெருக்கி அமைக்கப்பட்டிருக்கும். புனலின் வாயிலிருந்து ஒலி கிளம்பிப் பரவும். எனவே புனலின் வாய்க்கு நேர் எதிரே உள்ள இடங்களில் ஒலி

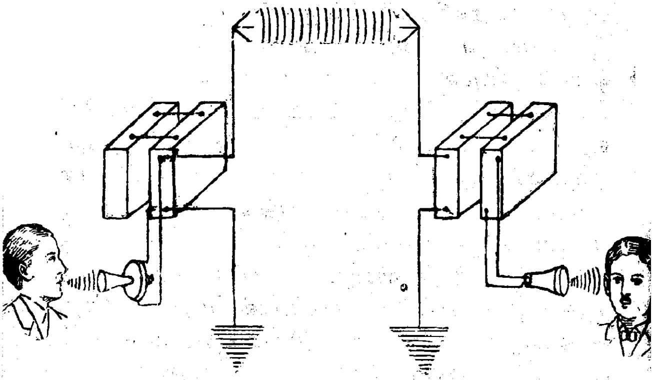
பெருமுழக்கத்துடன் கேட்கும். நாலு திசைகளையும் நோக்கி இருக்குமாறு நான்கு புனல்களை அமைத்துக்கொள்வது வழக்கம். திறந்த வெளியில் நிகழும் கூட்டங்களுக்கு மற்றவகை ஒலி பெருக்கிகளைக் காட்டிலும் இதுவே சிறந்தது. ஒரு மண்டபத்தில் ஒலியைப் பெருக்குவதற்கு ஒலி பெருக்கிகளைத் தகுந்த இடங்களில் வைத்தாலன்றி ஒலி நன்ருகக் கேட்காது. மேலும் மண்டபத்திற்குத் தகுந்தாற் போல் மைக்ரோபோன்களையும், ஒலி பெருக்கிகளையும் அமைக்கவேண்டிவரும். பாட்டுக்கு ஒருவிதமாகவும், பேச்சுக்கு வேமுெரு விதமாகவும், நடனக் கச்சேரிக்கு மற்முெரு விதமாகவும், வாத்திய கோஷ்டிகளுக்கு இன்னுெரு விதமாகவும் இவற்றை அமைப்பது வழக்கம். கூட்டத்தில் முதல் வரிசைகளில் உட்கார்ந்திருப்பவர்களுக்கு நேராக விழும் ஒலி நன்ருகக் கேட்கும். அதிகமாளுல் அவர்கள் கேட்க முடியாமல் போய்விடும். எனவே தூரத்தில் உள்ளவர்களுக்குத்தான் ஒலி பெருக்கிகளிலிருந்து ஒலியை அனுப்ப வேண்டும். வெவ்வேறு திசைகளுக்காக ஒலி பெருக்கிகளை அமைக்கும்போது அவை ஒன்றுக்கொன்று முரணுகாதவாறு அமைக்கப்படவேண்டும். மண்டபத்தின் பருமன், சுவர்களின் தன்மை முதலியவற்றுக்குத் தகுந்தவாறு ஓரளவுக்குமேல் ஒலியைப் பெருக்க முடியாது.

பெரிய ஹோட்டல்களில் சாப்பிடுபவர்கள் சிற்றுண்டியுடன் சங்கீதத்தையும் அனுபவிப்பதற்கு உண்டான வசதிகளை அனைவரும் கவனித்திருக்கலாம். இசைத்தட்டு ஒன்றை வைத்துப் பாட்டை அனைவரும் கேட்கும்படி செய்வார்கள். எவ்வாறு இசைத்தட்டின்

ஒலி பெருக்கப்படுகின்றது என்பதைச் சிறிது கவனிப் போம். இதைச் செய்யும் சாதனத்திற்கு Pick-up என்று பெயர். இதில் காந்தப் பிக்-அப் என்றும், படிகப் பிக்-அப் என்றும் இரண்டு வகை உண்டு. கிராமபோனில் இசைத் தட்டைப் பாடவைக்கும்போது ஏற்படும் நிகழ்ச்சியைக் கவனித்திருக்கலாம். இசைத் தட்டி லுள்ள கோட்டின்மீது ஊசி செல்லுமாறு அமைக்கப் பட்டிருக்கின்றது. ஊசியுடன் இணைக்கப்பட்ட இசைக்கூடு(Sound box) என்ற அமைப்பைக் கவனித் தால் அதிலுள்ள துடிக்கும் விதானம் நன்கு புலப்படும். ஊசி இசைத்தட்டிலுள்ள கோட்டின் போக்குக்கு ஏற்றவாறு துடிப்பதால் விதானமும் அத்துடன் இயங்கி அருகிலுள்ள காற்றில் ஒலித் துடிப்புகளை உண் டாக்குகிறது. இந்த ஒலி இசைக் குழாய் வழியாகச் சென்று புனல் வாய் வழியாகப் பெருகி வெளிப்படு வதைப் பார்க்கலாம். பெரிய கூட்டத்தில் உள்ள வர்கள் எல்லோரும் இந்த ஒலியைக் கேட்க முடிவ தில்லை. இதை நிவர்த்தி செய்வதற்காகப் பிக் - அப் என்ற சாதனம் பயன்படுகிறது. இந்தச் சாதனத்தில் ஒரு குளம்புக் காந்தம் இருக்கும். இதன் துருவங்களின் இடையில் ஒரு கம்பிச்சுருள் வைக்கப்பட்டிருக்கும். அதற்குள் அடை (Armature) என்ற அமைப்பு ஒன்று இருக்கும். இத்துடன் கிராமபோன் ஊசி இணைக் கப்படும். இந்த ஊசி இசைத் தட்டின்மீதுள்ள கோட்டில் செல்லும்போது ஊசி முனை துடிக் கும். அதனால் அத்துடன் சேர்க்கப்பட்டிருக்கிற அடையும் இயங்கும். இந்த இயக்கத்தினால் துருவங் களின் இடையில் அமைந்திருக்கிற கம்பிச் சுருளில் ஓர் ஊட்ட மின்அருவி உண்டாகும். இதன் திசை

யும் பலமும் ஊசி முனையின் துடிப்புக்குத் தகுந்தவாறு இருக்கும். எனவே, தட்டில் பதிவு செய்யப்பட்ட ஒலித்துடிப்புகள் மின் துடிப்புகளாக மாற்றப்படு கின்றன. இந்த மின் துடிப்புகளை மின்உருக் குழாயின் உதவியைக் கொண்டு பன்மடங்கு பெருக்கிப் பின்னர் அந்த மின் அருவியை ஒலி பெருக்கியின் மூலமாகச் செலுத்தி இசைத் தட்டில் பதிவு செய்யப்பட்ட பாட்டைக் கேட்கலாம். இப்பொழுது ஒலி பெரு முழக்கத்துடன் வெளிவரும். படிகப் பிக்-அப் என்ற கருவியிலும் ஊசியின் துடிப்புகள் மின் துடிப்புக ளாக மாற்றப்படுகின்றன. இதன் தத்துவம் காந்தப் பிக்-அப் கருவியிலிருந்து சற்று வேறானது.

கடைசியாக, ஒலி பரப்புதலைப் பற்றிச் சிறிது கூறு வோம். இந்த முறைக்கு "பிராட்காஸ்டிங்" (Broad casting) என்று பெயர். ஓர் இடத்திலிருந்து கிளம்பும் பேச்சையும் பாட்டையும் உலகத்தின் பல்வேறு பகுதிகளிலும் வாழ்கின்ற மாந்தர் அனைவரும் கேட்க இம்முறை பயன்படுகிறது. ஓர் ஊரில் உள்ள ரேடியோ நிலையத்தில் ஒருவர் பேசுவதாகக் கொள் வோம். மைக்கின் முன்னால் அவர் பேசும்போது ஏற்படும் ஒலி அலைகள் மைக்கின் விதானத்தைத் தாக்கி மின் துடிப்புகளாக மாறுகின்றன. நிலையத் தின் வேறொரு பாகத்தில் மின் உருக் குழாய்களின் உதவியைக்கொண்டு உயர்ந்த அடுக்க (High frequency) முள்ள மின்காந்த அலைகள் உண்டாக்கப்படு கின்றன. இவற்றுடன் மைக்கிலிருந்து வரும் ஒலி அலைகள் பதிவு செய்யப்படுகின்றன. அதாவது உயர்ந்த அடுக்கமும் நிறைந்த ஆற்றலுங்கொண்ட ஒலி அலைகளைக் கட்டுப்படுத்தவேண்டியிருக்கிறது.



ஒலி பெருக்கலும் பரப்பலும் (ரேடியோ மூலம் செய்தி அனுப்புவதையும் ஏற்றுக் கொள்ளுவதையும் விளக்கும் படம்.)

இதற்கு ஒலி அலைகளின் ஆற்றல் பல்லாயிரம் மடங்கு பெருக்கப்பட வேண்டும். மின் உருக் குழாய்களின் உதவியைக்கொண்டு இது செய்யப்படுகிறது. இவ்வாறு திருத்தப்பட்ட அலைகள் நிலையத்தின் வானி (Aerial) யைச் சென்றடைந்து பல பக்கங்களிலும் பரவுகின்றன. வானி பல்வகைப்படும். ஒரு வகையில் நீண்ட கம்பிகள் செங்குத்தாக நிறுத்தப்படும். படுக்கை வாக்கில் கட்டப்படுவதும் உண்டு. வானியிலிருந்து அலைகள் நாலு திசைகளிலும் பரவிச்சென்று ஒலி வாங்கு நிலையத்தில் (Receiving station) உள்ள வானியின்மீது மோதும். ஒலி வாங்கும் இடத்தில் வானியுடன் உடன் இயக்கி (Tuner) என்ற சாதனம் ஒன்றும் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இது மின் உருக் குழாய்களின் சேர்க்கையே ஆகும். இந்த உடன் இயக்கி, வானியின்மீது மோதும் அலைகளின்

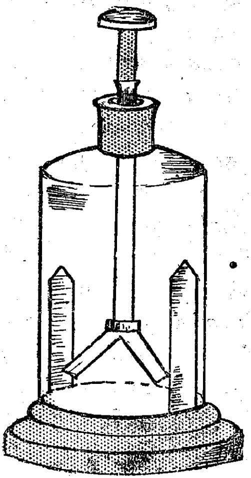
அடுக்கத்தோடு ஒன்றுபடும்படி செய்யப்படுவதால் வானி இந்த அலைகளை எளிதாக ஏற்றுக்கொள்ளுகிறது. உடன் இயக்கியுடன் ஒலியகம் (Detector) என்றமற்றொரு சாதனமும் சேர்க்கப்பட்டிருக்கும். இதுவும் மின்உருக் குழாய்களின் சேர்க்கையே ஆகும். இது அலைகளிலுள்ள ஒலிப் பதிவை மட்டும் ஏற்றுக் கொள்ளுகிறது. இதனுல் ஓர் அருவி உண்டாகி ஒலியகத்துடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும் ஒலி பெருக்கியில் செல்லுகிறது. ஒலி பெருக்கி மின் துடிப்புகளை ஒலித் துடிப்புகளாக மாற்றுவதால், திரும்பவும் ஒலியை அடைகிருேம். இதுவே ரேடியோ மூலம் ஒலி பரப்புச் செய்யும் முறையாகும்.

7

விண்ணியல் கிரணங்கள்

கிரணங்களில் பலவற்றை விஞ்ஞானிகள் கண்டு பிடித்திருக்கின்றார்கள். ஆனால் விண்ணியல் கிரணங்களைப்போன்ற அதிசயிக்கத் தக்க கிரணங்களை இதுவரையில் அவர்கள் கண்டதில்லை. இந்தக்கிரணங்கள் எங்கிருந்து வருகின்றன, இவற்றின் தன்மைகள் யாவை என்ற ஆராய்ச்சிகள்தாம் தற்காலம் உலகிலுள்ள எல்லா விஞ்ஞானிகளின் மனத்தையும் கவர்ந்து வருகின்றன. மலைச் சிகரங்களிலும், பவனத்திலும், சுரங்கங்களிலும், கடலிலும் இந்தக் கிரணங்கள் மிகுந்து தென்படுவதைக் கண்டார்கள். இவற்றின் ஊடுருவும் தன்மையைக் கண்டு திகைத்துப் போனார்கள். இந்தக்கிரணங்கள் துகள்களாக இருப்பதையும் அந்தத் துகள்கள் மின்சுமை பெற்றிருப்பதையும் உணர்ந்தார்கள். மேலும் இந்தத் துகள்களின் ஆற்றல் அளவு கடந்து இருப்பதைக் கண்டு வியந்தார்கள். இவை எவ்வாறு கண்டுபிடிக்கப்பட்டன என்பதையும், அவற்றின் பண்புகளைப்பற்றி விஞ்ஞானிகள் கொண்டுள்ள கருத்துக்களையும் இக்கட்டுரையில் சிறிது விளக்குவோம்.

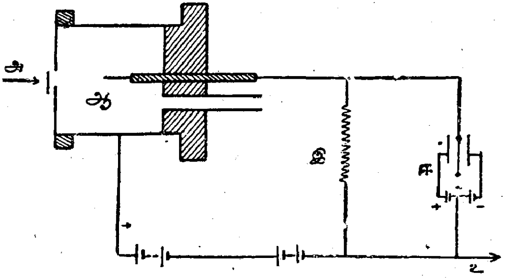
ஒரு பொருள் மின்சுமை பெற்றிருக்கிறதா என்று அறிவதற்கு உண்டான கருவிக்கு மின்காட்டி (Electroscope) என்று பெயர். இந்தக் கருவியின் ஒரு வகையில் ஓர் உலோகக்கம்பியின் நுனியில் இரண்டு



விண்ணியல் கிரணங்கள் (படம்: பொன் இலை மின் காட்டி)

பொன் இலைகள் தொங்கும். இவற்றைச் சூழ்ந்து ஒரு கண்ணாடி ஜாடி இருக்கும். பொன் இலைகளைக் காற்று அலைக்காமல் இருப்பதற்கே இந்தக் கண்ணாடி ஜாடி வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. மின் சுமைபெற்ற பொருள் ஒன்றை இந்தக் கருவியின் வாயினருகே கொண்டு போனால் பொன் இலைகள் விரிவதைக் காணலாம். இந்தக் கருவிக்கு மின்சுமை ஏற்றி வைத்தால் அதன் இலைகள் எப்பொழுதும் விரிந்தே நிற்கும். வறண்ட காற்று மின்சாரத்தைக் கடத்திச் செல்ல இயலாத பொருள். எனவே மின் காட்டியைச் சுற்றி வறண்ட காற்றே இருக்குமானால் மின் சுமை எப்பொழுதும் அதில் தங்கி இருக்க வேண்டும். இதைச் சோதனை செய்து பார்த்தார் கெயிடல் (Geital) என்ற விஞ்ஞானி. இவர் மிகுந்த ஜாக்கிரதையுடன் இருந்தபோதிலும் மின்காட்டியின் சுமை குறைந்துபோவதைக் கண்டார். இவர் 1900-ஆம் ஆண்டில் சோதனை செய்தார். மூன்று வருஷங்களுக்குப் பின் ரூதர்போர்டு (Rutherford), கூக் (cooke) என்ற இரு விஞ்ஞானிகள் திரும்பவும் சோதனை செய்து பார்த்தார்கள். இவர்கள் ஈயத் தகட்டினால் செய்யப்பட்ட ஒரு பெட்டியினுள் மின்காட்டியை வைத்து

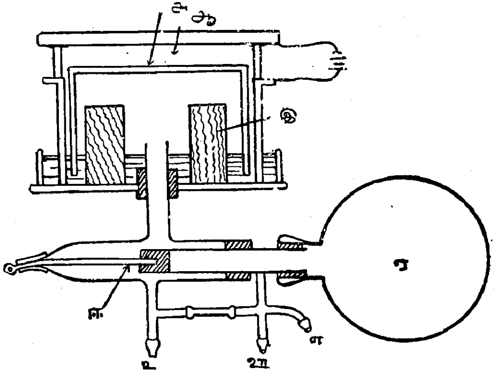
மின்காட்டியின் சுமை காற்றில் குறைந்ததைவிட மூன்றில் ஒரு பங்கே இப்போது குறைவதைக் கண்டார்கள். இதுபோன்ற சோதனைகளை நடத்தி மக்லீன் (Mc-lean), பர்டன் (Burton) என்ற இரண்டு விஞ்ஞானிகளும் இதே முடிவைக் கண்டார்கள். மின்சுமை குறைவதற்குக் காரணத்தை இவர்கள் தாம் முதல் முதலில் எடுத்துரைத்தார்கள். பவனத்தில் உள்ள ஊடுருவும் சக்தி வாய்ந்த சில கிரணங்களினால்தான் மின் காட்டி சுமையை இழக்கவேண்டும் என்று கூறினார்கள். முதலில் இந்தக் கிரணங்கள் பூமியில் புதைந்து கிடக்கும் கதிர் இயக்கப் பொருள்களிலிருந்து வரலாம் என்று நினைத்தார்கள். பின்னர் அது தவறு என்று உணர்ந்து பவனத்துக்கு அப்பாலுள்ள பிரதேசங்களிலிருந்து அவை வரவேண்டும் என்று அறிந்தார்கள். இந்தக் கிரணங்களைக் கண்டுபிடிக்க விஞ்ஞானிகள் உபயோகிக்கும் வேறு சில சாதனங்களைப் பற்றியும் சிறிது கூறுவோம். அவற்றில் ஒன்றுக்குக் கீகர் கருவி (Geiger counter) என்று பெயர். இதில் ஓர் உலோகக் குழாய் உண்டு. இதனுள் இரண்டு துருவங்கள் இருக்கும். இந்தக் குழாயின் இருசின் நெடுகப் பொருத்தப்பட்டிருக்கும் கம்பி ஒரு துருவமாகும். இந்தக் கம்பியைச் சூழ்ந்துள்ள சிறு உருளைதான் மற்றொரு துருவமாகும். உலோகக் குழாயினுள் குறைந்த இறுக்கத்தில் ஒரு வாயு அடைக்கப்பட்டிருக்கும். துருவங்களினிடையே ஒரு மின்கல அடுக்கு இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இதனால் ஒரு மின்புலம் உண்டாகும். விண்ணியல் கிரணங்கள் விழும்போது உள்ளிருக்கும் வாயு அணுக்கள் சிதறுண்டு அயனப்படுவதால் (ionisation) துருவங்களினிடையே ஒரு மின் அருவி பாய்வதைக் கண்



உலோகத்தினால் செய்யப்பட்ட அறை
(Geiger Counter)

அ. கிரணங்கள்; ஆ. மைக்காத் தகடு; இ. உலோகக் கம்பி; ஈ. மின்சாரத் தொடர்; உ. பூமி.

[பக்கம் 60]



மங்குல் அறைக் கருவி
(Wilson's Cloud Chamber)

அ. நகரும் மூசலகம்; ஆ. விரியும் அறை: இ. போல் துழாய்; ஈ. முக்கிய வால்வு; உ. திறந்த வெளிக்கு: ஊ. துழாய்க்கு; எ. மானோமீடருக்கு; ஏ. காற்று இல்லாத அறை.

[பக்கம் 61]

டார்கள். இந்த அருவியை மின்உருத் தாழ்களினால் (Thermionic valves) பெருக்கிப் பதிவுசெய்துகொள்வார்கள். இந்தக் கருவியைக் கொண்டுதான் விண்ணியல் கிரணங்கள் இருக்கும் இடங்கள் அறியப்படுகின்றன. சில சமயங்களில் இந்தக் கருவிகளில் மூன்றை ஒரு வரிசையில் வைத்து மூன்றிலும் ஒரே சமயத்தில் மின் அருவி பாய்வதைப் பதிவு செய்வதற்குத் தகுந்த சாதனத்தை அமைத்துக்கொள்வார்கள். இந்தத் தொடருக்கு விண்ணியல் கிரணத் தொலைநோக்கி (cosmicray telescope) என்று பெயர். இப்பொழுது விண்ணியல் கிரணங்களைக் கண்டுபிடிக்கப் பயன்படும் மற்றொரு கருவியைப் பார்ப்போம். இதற்கு 'மங்குல் அறைக் கருவி' (cloud chamber apparatus) என்று பெயர். இது வில்ஸன் என்ற அறிஞரால் இயற்றப்பட்டதால் இதற்கு வில்ஸன் கருவி என்னும் பெயரும் உண்டு. இதன் தத்துவம் எளிதாகும். நீராவி கலந்துள்ள காற்றை ஒரு பாத்திரத்தில் இறுக்கி அடைத்து வைத்து அந்தக் காற்றைத் திடீரென்று விரியச்செய்தால், அது குளிர்ந்து நீர்த்துளிகள் தோன்றுவதைக் காணலாம். காற்றிலுள்ள சிறு தூசிகளின்மீது நீர் படிந்துதான் நீர்த்துளிகள் ஏற்படுகின்றன என்பதைச் சோதனை வாயிலாக அறிந்தார்கள். தூசிகளே இல்லாத காற்றில் நீர்த்துளிகள் உண்டாவதில்லை. ஆனால் வில்ஸன் என்பவர் தூசியற்ற காற்றினுள் மின் சாரத்தைச் செலுத்திக் காற்று அணுக்களைச் சிதற அடித்து மின் அணுக்களாக மாற்றி, இந்த மின் அணுக்களின் மீது நீர்த்துளிகள் படிவதைக் கண்டார். எனவே பாத்திரத்திலுள்ள காற்று மின் அணுக்களாக மாறுவதை இந்த நீர்த் துளிகளைக் கொண்டு

அறியலாம் என்று காட்டினார். இந்தக் கருவியைக் கொண்டு விண்ணியல் கிரணங்களின் அயனப்படுத்தும் திறனை அறிந்தார்கள்.

இவ்வாறு கருவிகளை அமைத்துக் கொண்டு விண்ணியல் கிரணங்கள் தென்படும் இடங்களைக் கண்டுபிடிக்கலானார்கள். பூமியின் பல பாகங்களிலும் சோதனைக் கூடங்கள் இதற்கென்று ஏற்படுத்தினார்கள். பவனத்தில் உயர்ந்துள்ள இடங்களில் இந்தக் கிரணங்களின் போக்கைக் கண்டுபிடிப்பதற்குப் புகைக் கூண்டுகளில் சோதனைக் கருவிகளை வைத்து மேலே பறக்கவிட்டார்கள். கூண்டிலுள்ள கருவிகள் தாமே குறித்துக்கொள்ளும் தன்மை வாய்ந்தவை. ஆதலால் ஆராய்ச்சிக்கு வேண்டிய குறிப்புக்கள் சுலபமாகக் கிடைத்தன. இந்தப் புகைக் கூண்டுகள் பவனத்தையும் கடந்து பல மைல்கள் சென்று பூமியில் விழுந்தன. பல்வேறு உயரங்களில் இந்தக் கிரணங்கள் தென்படுவதையும் அவற்றின் வன்மை உயரத்தின் மீது சார்ந்திருக்கும் விதத்தையும் இதனால் அறிய முடிந்தது. ஸ்விட்ஸர்லாந்து, ஆஸ்திரேலியா, இந்தியா, கானடா, இங்கிலாந்து, தென் அமெரிக்கா, கிரீன்விச்சு முதலிய பல்வேறு இடங்களில் சோதனைக் கூடங்களை ஏற்படுத்தி விவரங்களைச் சேகரித்தனர். நடுச் சமுத்திரத்திலும் மலைகளின் உச்சியிலும் சோதனைகள் செய்து பார்த்தார்கள். கடல் மார்க்கமாகவே பல இடங்களுக்குச் சென்று, போகும் வழியில் சோதனைகளை நடத்திக்கொண்டே போனார்கள். இந்த மாதிரி ஆராய்ச்சிகள் நடத்தியவர்களில் முக்கியமாக மில்லிகன் (Millikan) காம்ப்டன் (Compton) என்ற இரு விஞ்ஞானிகளின் உழைப்புத்தான் மிகவும் போற்றத்

தக்கது. இதற்காகக் காம்ப்டன், 'கார்னகே கார்ப்பரேஷன்' (Carnegie Corporation) என்ற வணிகச் சங்கத்தினரிடமிருந்து லக்ஷக்கணக்கான டாலர்கள் பொருளுதவி பெற்றுர். இவர் தம்முடைய அபாரமான நிர்வாகத் திறமையினுல் பல விஞ்ஞானிகளின் உதவியைப்பெற்று, உலகமுழுவதும் ஆங்காங்கே கூட்டுறவு ஆராய்ச்சிக் கழகங்களை நிறுவிவைத்தார். உலகத்தை எட்டுப் பிரிவுகளாகப் பிரித்துக்கொண்டு ஆங்காங்கே சோதனைகள் செய்வதற்கு வசதிகளை ஏற்படுத்தி, அவ்விடங்களுக்குத் தாமே சென்று மேற்பார்வையிட்டுக் கிடைத்த எல்லா விவரங்களையும் தொகுத்து வெளியிட்டார். இனிமேல் இந்தக் கிரணங்களைப்பற்றி அறிந்த விவரங்களில் சிலவற்றை இங்கே கூறுவோம்.

அணுக்களைக் காட்டிலும் மிகச் சிறிய துகள்கள் உள. அவற்றுக்கு மின் உருக்கள் (Electrons) என்று பெயர். ஒரு மின் உருவின் நிறை நீரக (Hydrogen) அணுவின் நிறையில் சுமார் இரண்டாயிரத்தில் ஒரு பங்காக இருப்பதை அறிந்தார்கள். அத்தகைய சிறு துகள்கள் குறை மின்சுமையை ஏற்றிருப்பதையும் கண்டார்கள். மின்சுமையின் மதிப்பை அளந்து பார்த்ததில் மிகக் குறைவாக இருந்ததைக் கண்டு இதை மின்சாரத்தின் அடிப்படையான அலகாகக் கொண்டார்கள். இத்தகைய மின் உருக்கள் விண்ணியல் கிரணங்களில் காணப்படுவதை அறிந்தார்கள். ஆனுல் இதில் தென்படும் மின் உருக்களின் ஆற்றல் அளவு கடந்து இருப்பதைக் கண்டார்கள். இவ்வாறு இவை அபரிமிதமாய் ஆற்றல் பெற்றிருப்பதனுல்தான் இந்தக் கிரணங்கள் வியக்கத்தக்க ஊடுருவிச் செல்லும் சக்தியைப் பெற்றிருக்கின்றன

என்று உணர்ந்தார்கள். ஓர் உதாரணத்தைக் கொண்டு இதை நன்கு விளக்குவோம். எக்ஸ்-கிரணங்களின் ஊடுருவும் தன்மையை அனைவரும் அறிவார்கள். உடலுக்குள் ஒடிந்த எலும்புகளைக் காண்பதற்கும், சதையினுள்ளே புகுந்து தங்கிவிட்ட துப்பாக்கி ரவைகள் முதலியவற்றைக் காண்பதற்கும் இத்தன்மைதான் பயன்பட்டு ஆஸ்பத்திரிகளில் உருவப் படங்கள் எடுக்கப்படுகின்றன. இந்தக் கிரணங்கள் ஓர் அங்குல தூரம் தண்ணீரில் சென்று வெளிவரும்போது பாதி வலிமையை இழந்துவிடும். ஆனால் விண்ணியல் கிரணங்களோ இருநூற்று நாற்பது அங்குல தூரம் தண்ணீரில் சென்று வெளிவரும்போதுதான் பாதி வலிமையை இழக்கின்றன. எனவே இந்த இரண்டு விதக் கிரணங்களின் ஊடுருவு திறன்களின் ஏற்றத் தாழ்வையும் அறியலாம். மேலும் விண்ணியல் கிரணங்களில் காணப்படும் மின் உருக்கள் சிலவற்றின் கதி (Velocity) ஏறக்குறைய ஒளியின் கதியின் அளவாக இருப்பதைப் பார்த்தார்கள். அணுக்களின் சிதைவுகளைப் பற்றிய ஆராய்ச்சிகளில் இத்தகைய ஆற்றல் வாய்ந்த துகள்களின் உபயோகத்தை உணர்ந்து இதுபோன்ற் மின்உருக்களைச் சிருஷ்டிக்க ஒரு சாதனத்தையும் இயற்றி உள்ளார்கள். விண்ணியல் கிரணங்கள் எவ்வளவு பிரசித்தமோ அவ்வளவு பிரசித்தமாக இக்கருவியும் இருக்கிறது. அதற்கு ஸைக்ளோட்ரான் (Cyclotron) என்று பெயர். இதன் தத்துவம் எளியது. இதில் ஒரு பெரிய மின் காந்தம் உண்டு. சாதாரணமாகக் கிடைக்கும் மின் உருக்களை அதனுள் புகச்செய்து அவை மின் காந்தப் புலத்தினால் பாதிக்கப்படுமாறு செய்து, அவற்றைப் பலமுறை

சுழலச் செய்து மிகுந்த ஆற்றலுடன் வெளிவருமாறு செய்கின்றூர்கள். லாரன்ஸ் (Lawrence) என்ற விஞ்ஞானியால் இந்தக் கருவி கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. நிற்க, விண்ணியல் கிரணங்களில் மின் உருக்களைத் தவிர வேறு துகள்களையும் கண்டார்கள். ஆனால் இவை குறை மின்சுமையை ஏற்றிராமல் அதே அளவு மிகை மின்சுமையை ஏற்றிருப்பதைக் கண்டார்கள். தவிர இரண்டு வகைத் துகள்களின் நிறையும் ஒன்றுகவே இருப்பதையும் பார்த்தார்கள். இவற்றுக்குத்தாம் மிகையுருக்கள் (Positrons) என்று பெயர்.

இந்தக் கிரணங்கள் எவ்வாறு உண்டாகின்றன என்பதற்குப் பல வேறு காரணங்கள் கூறுகிறூர்கள். வில்ஸன் என்ற விஞ்ஞானி உலகில் எப்பொழுதும் மின்னல்களினுல் இக்கிரணங்கள் உண்டாகலாம் என்றூர். வேறெருவர் சூரியனில் நிகழும் சில மாறுதல்களினுல் இந்தக் கிரணங்கள் ஏற்படலாம் என்று கூறுகிறூர். சூரிய கிரகணத்தின்போதும், அதற்கு முன்பும் ஒரே மாதிரியாக விண்ணியல் கிரணங்கள் தோன்றுவதனுல் இந்தக் காரணம் தவறு என்று தள்ளப்பட்டது. மற்றும் சிலர் பூமியில் புதைந்து கிடக்கும் பொருள்களின் அணுக்கள் சிதைவுண்டு இந்தக் கிரணங்கள் உண்டாகலாம் என்று நினைக்கிறூர்கள். ஆனுல் பவனத்தின் மிக உயர்ந்த இடங்களிலும் இந்தக் கிரணங்கள் வலிமை குன்றுமல் இருப்பதைக் கண்டு இவை இவ்வுலகினின்று வெகு தூரத்துக்கு அப்பாலுள்ள இடங்களில் உண்டாக வேண்டும் என்று கருதுகிறூர்கள். பின்னும் சிலர் இவை நக்ஷத்திர மண்டலங்கள் பலவற்றின் இடையேயுள்ள பரந்த வெளிப்பிரதேசங்களிலிருந்து வரவேண்டும்

என்று கூறுகிறார்கள். எனவே உண்மைக் காரணம் இன்னும் கண்டுபிடிக்கப்படவில்லை என்றே கூற வேண்டும். இது சம்பந்தமாக நம் நாட்டிலும் பங்களூரில் உள்ள டாடா சோதனைக் கூடத்தில் 'பாபா' (Bhabha) என்ற விஞ்ஞானி சோதனைகள் நடத்திவருகிறார்.

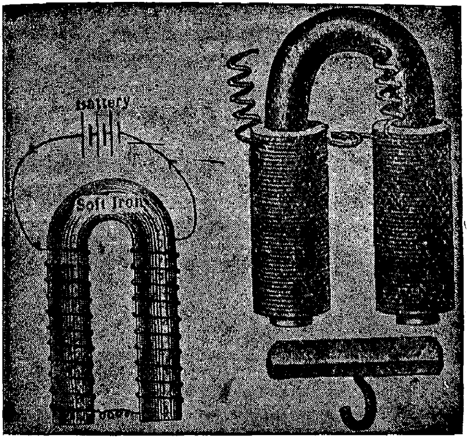
8

மைகேல் பாரடே

விஞ்ஞான உலகில் நியூட்டனுக்கு அடுத்தபடியாகக் கொண்டாடப் படுபவர் இந்த விஞ்ஞானியே ஆவர். இவர் மிக எளிய குடும்பத்தில் பிறந்தவர். இவருடைய தகப்பனர் கொல்லன் பட்டறையில் வேலை செய்து ஜீவனம் நடத்திவந்தார். இந்தக் கஷ்ட நிலைமையின் காரணமாக இவருக்குப் பள்ளிக்கூடத்துப் படிப்பு யாதொன்றும் இல்லாமலே போய்விட்டது. இளம் வயதிலேயே இவர் புத்தகங்கள் பைண்ட் செய்பவர் ஒருவருக்குக் கையாளாக அமர்ந்தார். பைண்ட் செய்வதற்கு வரும் புத்தகங்களை இவர் படித்துப் பார்ப்பது வழக்கம். இதன் பயனுக விஷயங்களை அறிய வேண்டும் என்ற ஊக்கம் இவருக்கு நாளுக்கு நாள் அதிகரித்துக்கொண்டு வந்தது. ரசாயன சம்பந்தமான ஒரு புத்தகம் இவருக்குக் கிடைத்தது. அதை நன்கு வாசித்து அதில் கூறியுள்ள வாறு சோதனைகளைத் தாமே செய்து பார்த்துவந்தார். இத்துடன் ஆங்காங்கே நடந்த விஞ்ஞானப் பொதுக் கூட்டங்களுக்குச் சென்று பிரசங்கங்களைக் கவனமாய்க் கேட்டும் வந்தார். அந்தக் காலத்தில் பிரசித்தி பெற்ற 'ஸர் ஹம்ப்ரி டேவி' என்ற ரசாயன விஞ்ஞானியின் சொற்பொழிவுகளை அடிக்கடி கேட்டு அவற்றை ஒரு நோட்டுப் புத்தகத்தில் குறித்து வந்தார். நாளடைவில் இவர் மனம் புத்தகம் பைண்ட் பண்

ணும் வேலையில் ஈடுபடாமல் விஞ்ஞான ஆராய்ச்சிகளில் சென்றது. ஓர் ஆய்வு சாலையில் சேரவேண்டும் என்று நினைத்தார். "ஸர் ஹம்ப்ரி டேவி"க்குத் தம்முடைய விருப்பத்தைக் கடிதம் மூலமாகத் தெரிவித்துக் கொண்டார். அத்துடன் அவர் பிரசங்கங்களைக் கேட்டு இவர் குறித்துவந்த விவரங்களையும் அனுப்பியிருந்தார். "டேவி" அவற்றை வாசித்துவிட்டு இவருடைய திறனை வியந்து, தம்முடைய ஆராய்ச்சி சாலையிலேயே ஒரு கையாளாக இவரை அமர்த்திக்கொண்டார். அது முதற்கொண்டு இவருடைய அறிவும் சோதனைகள் செய்யும் திறனும் மேன்மேலும் விருத்தியடைந்தன. நாளடைவில் விஞ்ஞான உலகம் போற்றத்தக்க முடிவுகளை இவர் கண்டுபிடிக்கலானுர். சோதனைகள் நடத்துவதில் இவருக்கு மிஞ்சியவர் எவரும் இல்லை என்று பெயர் வாங்கினுர். "டேவி", ஆய்வுசாலையின் தலைவர் பதவியிலிருந்து விலகியவுடன் அவருக்குப் பதிலாக இவரே நியமிக்கப்பட்டார். கணித சாஸ்திரத்தில் இவருக்குச் சொற்பப் பயிற்சியே இருந்தபோதிலும் இவர் கண்டுபிடித்த விஷயங்கள் எல்லோரையும் வியக்கச் செய்தன. மேலும் இவர் சொல்வன்மை அதிகம் வாய்ந்தவர் ஆதலின் இவருடைய பிரசங்கங்களைக் கேட்கத் திரள்திரளாக ஜனங்கள் வருவார்களாம். ஒரு சமயம் இவருடைய தலைவர் ஸர் ஹம்ப்ரி டேவியை மற்றொரு விஞ்ஞானி அவர் கண்டுபிடித்தவைகளில் முக்கியமானதைக் கூறுமாறு கேட்டாராம். அவர் அதற்குப் பதில் அளிக்காமல் அருகில் நின்றுகொண்டிருந்த மைக்கேல் பாரடேயைச் சுட்டிக்காட்டிவிட்டுச் சும்மாயிருந்தார் என்று சொல்லப்படுகிறது. மற்றோர் விஷயமும் குறிப்பிடத்தக்கது. பாரடேயின் ஆராய்ச்சி

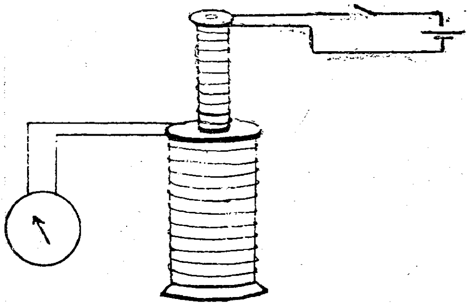
களின் விளைவாக ஏராளமாய்ப் பணம் சம்பாதிக்க வழி கள் ஏற்பட்டன. ஆனால் அவற்றைப் பொருட்படுத் தாமல் பாரடே ஏழையாகவே தம் காலத்தைக் கழித்தார் என்பதைக் கவனிக்கும்போது விஞ்ஞான ஆராய்ச்சியில் இவருக்கு இருந்துவந்த ஆர்வம் எத் தகையது என்பதை அறிகிறோம். இப்பெரியார் கண்டுபிடித்தவற்றுள் சிலவற்றை இப்பொழுது கவனிப்போம்.



(படம். மின் காந்தங்கள்)

ஒரு கம்பியில் மின் அருவி ஓடும்போது அதற்குச் சமீபத்தில் காந்தப்புலம் ஏற்படுவதை விஞ்ஞானிகள் அறிந்தார்கள். அருவியின் பலம், திசை இவற்றுக் குத் தக்கவாறு காந்தப்புலமும் மாறுவதைக் கண்டார் கள். இவற்றையெல்லாம் பாரடே சிந்தனை செய்து விட்டு, 'ஒரு மின் அருவியின் விளைவாகக் காந்தப்புலம்

ஏற்படுவதுபோலக் காந்தப்புலத்தின் விளைவாக ஒரு மின் அருவி ஏன் ஏற்படக்கூடாது?' என்று எண்ணி ஞர். இதற்காகச் சோதனைகள் நடத்திஞர். அந்தச் சோதனைகள் ஒன்றில் ஒரு தேனிரும்பு வளையத்தை எடுத்துக்கொண்டு அதன்மேல் இரண்டு கம்பிச் சுருள்களை ஒன்றை ஒரு புறத்திலும் மற்றொன்றை முன் சுருளுக்குச் சம்பந்தமில்லாமல் எதிர்ப் புறத்திலும் சுற்றிக்கொண்டார். ஒரு சுருளின் முனைகளை ஒரு மின்



(படம். ஒரு சுருளில் அருவியைச் செலுத்தும்போது மற்றொரு சுருளில் ஊட்ட அருவி உண்டாவதைக் காண்பிப்பதற்குண்டான சோதனைப் படம்.)

கடத்துடனும் (Cell), சாவி (Key) ஒன்றுடனும் இணைத்துக்கொண்டார். மற்றொரு சுருளின் முனைகளை மின் ஓட்டமானி (Calvanometer) யுடன் இணைத்துக்கொண்டார். இவ்வாறு தனித் தனியே இரண்டு மண்டலங்களை (Circuits) அமைத்துக் கொண்டார். முதல் மண்டலத்திலுள்ள சாவியை அமுக்கியவுடன் இரண்டாவது மண்டலத்தில் சிறிது

நேரம் ஓர் அருவி ஓடுவதை மின் ஓட்டமானியில் உதைப்பு ஏற்படுவதிலிருந்து தெரிந்துகொண்டார். இதைப் போலவே சாவியை விட்டவுடனும் மறுபடியும் இரண்டாவது மண்டலத்தில் மின் அருவி சிறிது நேரம் ஓடுவதைக் கண்டார். இதன் காரணத்தைப் பின்வருமாறு விளக்கினார். சாவியை அழுத்தியவுடன் முதல் சுருளைச்சுற்றி ஒரு காந்தப்புலம் ஏற்படுகிறது. இந்தப் புலத்தின் சக்தி வரைகள் (Lines of force) தேனிரும்பு வளையத்தின் மூலமாக மற்றொரு சுருளை ஊடறுத்துச் செல்லுகின்றன. இதனால் மற்றொரு சுருளில் ஓர் ஊட்ட மின் இயக்க சக்தி (Induced Electromotive Force) உண்டாகி மறைகிறது. எனவே மின் ஓட்ட மானியில் உதைப்பு உண்டாயிற்று. அருவி நிலையாக ஓடிக்கொண்டிருக்கும் போது காந்த சக்தி வரைகள் மாறாமல் நிலையாக நிற்கின்றன. ஆகையால் மற்றொரு சுருளிலே ஊட்ட அருவி (Induced current) தோன்றுவதில்லை. சாவியை விட்டுவிட்டால் அருவி நின்றுவிடுவதால் காந்தப்புலம் அழிந்துவிடுகிறது; காந்த சக்தி வரைகளும் அழிந்துவிடுகின்றன. எனவே மற்றொரு சுருளில் மீண்டும் ஓர் ஊட்ட மின் இயக்க சக்தி தோன்றி மறைகிறது. இதனால் முன் உதைப்புக்கு எதிர்த் திசையில் மற்றோர் உதைப்பு ஏற்பட்டு மறைகின்றது என்று எடுத்துக் கூறினார். இவ்வாறு இவர் கண்ட முடிவுகளை அடிப்படையாகக் கொண்டே தற்காலத்தில் வெளிச்சம் இடுவதற்கும் சூட்டைக் கொடுப்பதற்கும், டிராம் வண்டிகள், மின்சார வண்டிகள் இவைகளை ஓட்டுவதற்கும், பல தொழிற்சாலைகளில் யந்திரங்களை ஓட்டுவதற்கும் பயன்படும்

அளவில் மின்சார சக்தி உண்டாக்கப்படுகிறது. இந்தச் சாதனத்துக்கு டைனமோ (Dynamo) என்று பெயர். மலையினின்று ஓடிவரும் ஆறுகள் சில இடங்களில் செங்குத்தாக மிகுந்த விசையோடு கீழே விழுகின்றன. அவ்விடங்களில் மலையின்மீது நீரைத் தேக்கிக் கட்டுப் பாட்டுக்கு உட்படுத்தி, தண்ணீரைச் சீராகப் பெரிய எஃகுக் குழாய்களின் வழியாக விழச் செய்கிறார்கள். தண்ணீர் கீழே விழும் இடத்தில் பெரிய பல் சக்கர உருளைகளை (Turbines) அமைத்து அவற்றின் மீது விழும் நீரின் விசையால் அவற்றைச் சுழலச் செய்கிறார்கள். இவ்வுருளைகளோடு இணைக்கப்பட்ட டைனமோக்கள் சுழல்வதால் மின்சார அருவி கிடைக் கிறது. நீர்வீழ்ச்சிகள் அருகில் இல்லாத இடங்க ளில் வேறு முறைகள் கையாளப்படுகின்றன. நிலக்கரி கிடைக்கும் இடங்களில் அதைக்கொண்டு நீராவியை உண்டாக்கி அந்த நீராவியைக் குறுகிய வாயுள்ள குழாய்களின் மூலமாகப் பீறிட்டு வரச்செய்து அதை மேற் கூறப்பட்ட பல்சக்கர உருளைகளின்மீது மோதச் செய்கிறார்கள். அதனால் அந்த உருளைகள் சுழலவே அதனோடு பூட்டப்பட்ட டைனமோக்களும் சுழன்று அருவியை உண்டாக்குகின்றன. நிலக்கரியும் எளி தில் கிடைக்காத இடங்களில் “ குரூட் ஆயில் ” என்ற எண்ணெயின் ஆவியால் ஓட்டப்படும் என்ஜின் களோடு பூட்டி, டைனமோக்களைச் சுழலச்செய்து அருவியை உண்டாக்குகிறார்கள். இவ்வாறு கிடைத்த மின்சார சக்தியின் மூலமாக நமது வாழ்க்கையில் ஏற்பட்டிருக்கும் மாறுதலைக் கூறத் தேவை இல்லை. இவற்றிற்கெல்லாம் காரணம் மைக்கேல் பாரடே என் பதை நாம் மறக்கவே முடியாது. இவ்வாறு ஏற்

படப்போகும் மாறுதல்களைச் சிறிதும் உணராது அக்காலத்தில் இங்கிலாந்தில் பிரதம மந்திரியாக இருந்த கிளாட்ஸ்டன், ஒரு கூட்டத்தில், பாரடே தம்முடைய ஆராய்ச்சிகளைப் பற்றிப் பேசி முடித்த வுடன் எழுந்திருந்து, "ஏன் ஐயா, நீர் புதிதாகக் கண் டுபிடித்த உண்மையின் உபயோகம் என்ன?" என்று கேட்டாராம். உடனே தீர்க்கதரிசியான பாரடே, "ஏன், உங்கள் அரசாங்கத்தார் இதற்குத் தீர்வை விதித்துப் பெருத்த வருமானம் அடையும் காலம் வரப் போகிறது" என்று பதில் அளித்தாராம்.

இனி இவருடைய ரசாயன ஆராய்ச்சிகளைப் பற்றிச் சிறிது கூறுவோம். வளாவிய காடியின் (Dilute acid) வழியாகவோ ஓர் உலோக உப்புக் கரை நீரின் வழியாகவோ ஒரு மின் அருவியைச் செலுத்தினுல் அந்தத் திரவம் பிரிந்துவிடுவதைக் கண் டார்கள். இந்தப் பிரிவின் விதிகளைப் பாரடேதாம் முதல்முதலில் கண்டுபிடித்தார். இதை விளக்கத் தண்ணீரின் மின் ஊட்டத்தை (Electrolysis of water) எடுத்துக்கொள்வோம். தூய தண்ணீர் மின் உகைவி (Conductor) அல்ல. ஆதலால் கொஞ் சம் கந்தகக்காடி (Sulphuric acid) கலந்துள்ள நீரை ஒரு கண்ணுடிப் பாத்திரத்தில் எடுத்துக்கொள்வோம். அதில் மின் அருவி நுழைந்து வெளிச் செல்லும் பொருட்டு இரண்டு உலோகத் தகடுகளை வைத்துக் கொள்வோம். அருவி நுழையும் தகடு அல்லது துருவத்துக்கு மிகைத்துருவம் (Anode) என்றும், அருவி வெளியேறும் துருவத்துக்குக் குறைத்துருவம் (Cathode) என்று பாரடே பெயரிட்டார். அருவியைச் செலுத்தியவுடன் இரண்டு துருவங்களிலிருந்தும்

வாயுக்குமிழிகள் கொப்பளித்து வருவதைக் காண லாம். சோதனைகள் செய்து குறைத்துருவத்தின் அருகே வெளிவரும் வாயு நீரகம் (Hydrogen) என்றும் மற்றது பிராணவாயு (Oxygen) என்றும் அறியலாம். ஆகையினால் கந்தகக்காடி கலந்த நீர் நீரகமாகவும் பிரா ணவாயுவாகவும் பிரிவடைகின்றது என்று உணரலாம். பலவகைப்பட்ட மின் ஊட்டிகளின் (Electrolytes) வழியாக அருவிகளைச் செலுத்தி அளவிட்டதன் பய னாக, அவற்றில் ஏற்படும் ரசாயன மாறுபாட்டைப் பற்றி இரண்டு விதிகளை இவர் கண்டறிந்தார். அவை யாவன: ஒரு மின் ஊட்டியின் வழியாக ஒரு மின் அருவி பாய்வதால் வெளிப்படும் பொருளின் நிலை அதன் வழி யாகப் பாய்ந்த மின்சாரத்துக்கு ஏற்ப உள்ளது என் பது முதல் விதி. இரண்டாவது விதி, மின் ஊட்டத் தால் வெளியிடப்பட்ட எந்தப் பொருளின் நிறையும் அந்தப் பொருளின் ரசாயன ஒப்புமைக்கு (Chemical equivalent) ஏற்ப இருக்கும் என்பதாம். இந்த ஆராய்ச்சியின் விளைவாகத்தான் மின்சாரப் பூச்சிடு தல், மின்சார அச்செடுத்தல், உலோகங்களைச் சுத்தப் படுத்துதல் ஆகிய பல தொழில் துறைகள் ஏற்பட் டிருக்கின்றன.

இனி, அவருடைய மற்றோர் ஆராய்ச்சியைக் கவ னிப்போம். ஒரு சிறு தட்டிலே நீரைப் பெய்து வைத்தால் அது சற்று நேரத்தில் மறைந்துவிடு வதைப் பார்க்கலாம். 'நீர், ஆவியாக மாறிவிட்டது, என்று சொல்லுகிறோம். நீராவியைக் குளிரச்செய் தால் அது மறுபடியும் நீராக மாறுவதையும் காண லாம். ஆவியில், தெவிட்டிய ஆவி (Saturated vapour) என்றும் தெவிட்டாத ஆவி (Unsaturated vapour)

என்றும் இரண்டு வகை உண்டு. ஒரு மூடிய கலத்தினுள் நீர் வைக்கப்பட்டால் நீர் மட்டத்திற்கு மேலேயுள்ள இடத்தில் இருக்கும் நீராவி தெவிட்டிய நிலையில் இருப்பதாகக் கூறப்படும். ஒரு வரம்புக்கு உட்பட்ட இடத்தில் அது கொள்ளக்கூடிய நீராவி இருப்பின் அது தெவிட்டிய நீராவி என்றும், அவ்வாறு இல்லாவிடில் அது தெவிட்டாத நீராவி என்றும் கூறப்படும். தெவிட்டாத ஆவியின்மீது இறுக்கத்தைப் (Pressure) பிரயோகித்தால் அதன் இறுக்கமும் அதிகரித்து ஒரு நிலையில் அந்த ஆவி தெவிட்டிய நிலையை அடைகிறது. பின்னும் இறுக்கத்தைப் பிரயோகித்தால் அது திரவம் ஆகிவிடுகிறது. நீரகவாயு, பிராணவாயு, ஹரிதகவாயு (Chlorine), போன்றவற்றை இவ்வாறு இறுக்கத்தை மட்டும் பிரயோகித்துத் திரவம் ஆக்க முடியாமல் இருப்பதை உணர்ந்தார்கள். அவை ஒவ்வொன்றையும் முதலில் அவ்வவற்றிற்குரிய தொரு சூட்டை (Critical Temperature) அடையுமாறு குளிரவைத்து அதன் பின்னரே இறுக்கத்தைப் பிரயோகித்து அவற்றைத் திரவப்படுத்த முடியும் என்று கண்டார்கள். இந்த முறைகளால் எல்லா வாயுக்களையும் திரவப்படுத்தி வெற்றியடைந்த விஞ்ஞானிகளுள் பாரடேயும் ஒருவர். இவர் ஹரிதக வாயுவைத் திரவப்படுத்தச் சோதனைகள் செய்துகொண்டிருந்தபொழுது இவருடைய தலைவர் டேவியின் சிநேகிதரான டாக்டர் பாரிஸ் என்பவர் வந்து அவற்றைப் பார்த்தார். சோதனைக் குழாயினுள் சில எண்ணெய்த் துளிகள் இருப்பதைக்கண்டு அழுக்குள்ள குழாயை உபயோகப்படுத்தியதற்காகப் பாரடேயைப் பரிகாசம் செய்தார். இதைக் கேட்ட பாரடே மனம் நொந்தார். அவர்

சென்றவுடன் அந்தக் குழாயின் நுனியை அரத்தால் அறுத்தார். ஒரு வெடிப்பு ஏற்பட்டு எண்ணெயும் மறைவதைக் கண்டார். திரும்பவும் சோதனையைச் செய்து ஊர்ஜிதப்படுத்திக்கொண்டு மறுநாள் காலையில் டாக்டர் பாரிஸுக்கு, "ஐயா, நேற்று நீங்கள் எந்த எண்ணெய்க்காக என்னைப் பரிகாசம் செய்தீர்களோ அது ஹரிதகத் திரவமே" என்று எழுதி அனுப்பினார்.

கடல் ஆழத்தில் வசிக்கும் மீன்களின் உடம்பிலிருந்து ஒளி வெளிப்படுவதையும், அதுபோல் பூமியின் மேற்பரப்பிலுள்ள சில பூச்சிகளினின்றும் ஒளி வெளிப்படுவதையும் விஞ்ஞானிகள் கண்டார்கள். மின்மினிப் பூச்சியையோ செவ்வட்டையையோ உதாரணமாக எடுத்துக்கொள்ளலாம். இரவில் பளிச் பளிச் என்று இவற்றின் ஒளி புலப்படுகிறது. ஒளியைத் தரும் பொருள்கள் எல்லாம் வெப்பத்தையுங்கூட வெளியிடுவது வழக்கம். அதற்கு மாருக இப்பூச்சிகளெல்லாம் ஒளியை மட்டும் வெளியிடுவதைக் கண்டு அதன் காரணத்தை அறியப் பாரடே அநேக சோதனைகள் செய்து சில முடிவுகளைக் கண்டார். மின்மினிப் பூச்சியின் உடம்பில் ஒரு ரசாயனப் பொருள் இருப்பதையும் அந்தப் பொருளினுல் இவ்வொளி ஏற்படுவதையும் அறிந்தார். வேறு சில பூச்சிகளில் அவற்றின் உடம்பிலிருந்து வெளிப்படும் ஒருவகை உமிழ்நீரினுல் இவ்வொளி ஏற்படுகிறது என்றும் கண்டார். இவ்வாருகப் பாரடேயின் திறன் விஞ்ஞானத்தின் பல துறைகளிலும் பரிணமித்தது. இவருடைய அரிய சேவைக்காக விஞ்ஞான உலகம் இவருக்கு எந்நாளும் கடமைப்பட்டிருக்கிறது என்று கூறினுல் அது மிகையாகாது.

௭

சிக்கலும் பிசுக்கும்

பொருள்கள் ஒன்றோடொன்று உராய்ந்து செல்லும் பொழுது ஒரு சிக்கலை எதிர்க்க வேண்டியிருக்கின்றது. இதை உராய்வுச் சிக்கல் என்று கூறுவார்கள். இந்தச் சிக்கல் இல்லாவிடில் நாம் நடப்பதுகூடக் கடினமாகிவிடும். அதிக வழுவழுப்பான பளிங்குக் கல்தரையில் நடந்து பார்த்தால் இது விளங்கும். யந்திரங்கள் முதலியவற்றின் வேலைக்கு இந்தச் சிக்கல் சக்தியே காரணம். இருப்புப் பாதையில் ரயில் வண்டி செல்வது இந்தச் சிக்கலினாலேதான். மழை பெய்தவுடன் சில சமயங்களில் ரயில் வண்டி ஸ்டேஷனிலிருந்து கிளம்புவதற்குச் சிரமப்படுவதைக் கவனித்திருக்கலாம். அப்பொழுது வண்டியின் சக்கரங்களுக்கும் இருப்புப் பாதைக்கும் இடையே உள்ள ஈரத்தினால் போதிய உராய்வுச் சிக்கல் ஏற்படுவதில்லை. இதை உணர்ந்து வண்டியோட்டுபவன் மணலைப் பாதையின்மீது தூவிச் சிக்கலை அதிகப்படுத்தி வண்டியைக் கிளப்புவான். இந்தச் சக்தியின் அளவு, உராயும் பொருள்களின் பரப்பு, கதி, பளு முதலியவற்றினால் பாதிக்கப்படுகின்றது. பரப்பு, கரடு முரடாக இருந்தால், சிக்கலின் அளவு அதிகரிக்கும். ஸைகிள் வண்டி, மோட்டார் வண்டி இவற்றின் சக்கரங்களில் தரையுடன் உராயும் பாகம் மெதுவாக இராமல் வேண்டுமென்றே கரடு முரடாகச்

செதுக்கப்பட்டிருப்பதைக் காணலாம். சாதாரண மாகச் சிக்கலின் அளவு கதியினுல் அதிகமாகப் பாதிக் கப்படுகிறதில்லை. உராயும் பொருள்களின் பளு அதிகம் ஆக ஆகச் சிக்கலின் அளவும் அதிகரிக்கிறது.

இந்தச் சிக்கல் சக்தி திரவங்களில் ஏற்படும் விதத்தை இப்பொழுது கவனிப்போம். தண்ணீர், விளக்கெண்ணெய் இரண்டையும் கீழே ஊற்றினுல் விளக்கெண்ணெய், நீரைக் காட்டிலும் அதிகத் தாம தத்துடன் செல்வதைப் பார்க்கலாம். நீரைக்காட்டி லும் விளக்கெண்ணெய்க்குப் பிசுக்கு அதிகம் இருப்ப தால் இந்த வேற்றுமை ஏற்படுகிறது. இந்தப் பிசுக்குக் குணம் ஒவ்வொரு திரவத்திற்கும் ஒவ்வொரு விதமாக இருக்கிறது. இந்தத் தன்மை திரவங்களினுள் ஏற்படும் உராய்வுச் சிக்கலின் விளைவே. இதை இங்கே விளக்குவோம்.

பொருள்களின் திட, திரவ, வாயு நிலைகள் இடை விட்டிராமல் ஒன்றையொன்று தொடர்ந்தே இருக் கின்றன. அணு இயக்க வாதப்படி திடப்பொருள் கள், திரவங்கள், வாயுப்பொருள்கள் அனைத்தும் எண் ணற்ற அணுக்களின் கூட்டங்களேயாம். இந்த அணுக் கள் நிரந்தரமான இயக்கத்தைப் பெற்றிருக்கின்றன என்றும் இவற்றினிடையே கவர்ச்சி சக்திகள் தொழிற் படுகின்றன என்றும் கொள்ளப்படுகின்றது. இந்தச் சக்திகளின் பலம் பொருளின் நிலைகளுக்குத் தக்க வாறு அமைந்திருக்கிறது. திட நிலையில் அணுக்களின் இடையே உள்ள கவர்ச்சி சக்தி உச்ச மதிப்பைப் பெற் றிருக்கிறது. அதனுல் பொருள் அணுக்கள் மிக நெருங்கி இருக்கின்றன. திரவநிலையில் அணுக்களின் கவர்ச்சி சக்தி, திடநிலையில் இருப்பதைக் காட்டி

லும் வலிமை குறைந்திருப்பதால் அவற்றினிடையே யுள்ள இடைவெளி அதிகமாக இருக்கின்றது. வாயுக் களில் இத்தகைய கவர்ச்சி சக்தி பூஜ்ஜியம் என்று கொள்ளக்கூடிய அளவுக்குக் குறைந்திருப்பதால் அணுக்கள் நெடுந்தூரம் விலகி இருக்கின்றன. திர வங்களின் பிசுக்குக் குணம் இந்தக் கவர்ச்சிகளைக் கொண்டே உணரப்படும்.

இரண்டு கண்ணாடித் தகடுகளுக்கிடையே சிறி தளவு நீர் இருப்பதாகக் கொள்வோம். இந்தத் தட்டு களின் இடைத் தூரம் சிறிதென்றும் கொள்வோம். இரண்டிற்கும் நடுவில், நீர் அணுக்கள் தட்டுகளுக்கு இணையான வரிசைகளில் நிற்பதாகவும் கொள்வோம். கீழ்த்தட்டைக் கெட்டியாகப் பிடித்துக்கொண்டு மேல் தட்டை வலது புறமாக நகர்த்தினால் நீரில் எவ்வித அசைவு உண்டாகும் என்று பார்ப்போம். அணுக் களினிடையே உள்ள கவர்ச்சி சக்திகளின் விளைவாக மேல்தட்டுக்கு அருகிலுள்ள நீர்ப்படலம் தட்டின் கதியுடன் நகரும். கீழே செல்லச் செல்லத் தொடர்ந்து நிற்கும் நீர்ப்படலங்களும் அதே திசையில் நகரும். ஆனால், அவற்றின் கதி மேலிருந்து கீழே செல்லச் செல்லக் குறைந்துகொண்டே வரும். கீழ்த்தட்டுக்கு அருகிலுள்ள நீர்ப்படலம் நகராமல் நிற்கும். இவ் வாறு நீரில் பல மட்டங்களிலுள்ள படலங்கள் வெவ் வேறான கதிகளுடன் இயங்குவதை அணுக்கவர்ச்சி சக்திகள் எதிர்க்கும். இந்தச் சிக்கலை எதிர்த்தே நாம் மேல் தட்டை நகர்த்த முடியும். இதற்கும் உராய்வுச் சிக்கலுக்கும் யாதொரு வேற்றுமையும் இல்லை. எனவே, திரவத்தின் வெவ்வேறு பாகங்கள் வெவ் வேறு கதிகளுடன் இயங்கும்போது இச் சிக்கல்சக்தி

தொழிற்படுகிறது என்று உணரலாம். இந்த எதிர்ப்பு ஒவ்வொரு திரவத்திற்கும் ஒவ்வொரு விதமாக இருக்கிறது. இந்தவேற்றுமை, பிசுக்குப் பான்மை (co-efficient of viscosity) என்ற குணியத்தால் குறிக்கப்படும். பரிசோதனையினுல் ஒவ்வொரு திரவத்திற்கும் இந்தக் குணியம் காணப்படுகிறது. விளக்கெண்ணெய், தேன் இரண்டும் அதிகப் பிசுக்குத் தன்மை பெற்றிருப்பதால், அதிகத் தாமதமாகவே நகருகின்றன. பிசுக்கு இன்னும் அதிகமானுல் இவை திடப்பொருள்கள் ஆகிவிடும். தாரும், அரக்கும் அதிகப் பிசுக்குப் பான்மைகொண்ட திடப்பொருள்களாம். திடத் தன்மை அதிகம் வாய்ந்த செம்பு, இரும்பு முதலிய உலோகங்களையும் பாகு இயல்பு அல்லது பிசுக்குக் குணம் பெறுமாறு செய்துவிடலாம். இதற்கு அவற்றின்மீது பலமான சக்திகளைப் பிரயோகிக்கவேண்டும். ஓரளவிற்கு எல்லா நிலைகளிலும் பொருள்களில் இவ்வியல்பு தோன்றும் என்று அறியலாம்.

எல்லா யந்திரங்களும் உராய்வுச் சிக்கலை எதிர்த்தே வேலை செய்கின்றன. இந்தச் சக்தி மிதமிஞ்சி இருக்குமானுல் யந்திர ஆற்றல் பெரும்பாலும் இதை எதிர்ப்பதிலேயே செலவழிந்துவிடும். அதனுல் அவற்றின் வேலைத் திறமையும் குறைந்துவிடும். மற்ருெரு கெடுதலும் ஏற்படும். சிக்கலை எதிர்ப்பதில் செலவழிந்த ஆற்றல் முழுவதும் வெப்பமாக வெளிப்படுவதால் யந்திரங்கள் சூடு மிகுந்து கொதிக்கும். அதனுல் அவற்றின் பல்வேறு பாகங்கள் அஃற்சியடைந்து இயக்கத்தில் கோளாறுகள் உண்டாகும். இது நீடித்தால் யந்திரங்கள் கெட்டுவிடும். எனவே இந்தச் சிக்கலை மிகக் குறைந்த அள

விற்குக் குறைத்துக்கொண்டு யந்திரங்களை இயக்க வேண்டும் என்று அறியலாம். எண்ணெய்களின் பிசுக்கு, சிக்கலைக் குறைக்கப் பயன்படுகிறது. கிராபைட் என்று சொல்லப்படும் ஒருவிதக் கரித்தூளும் இதற்குப் பயன்படுகிறது. உராய்வு ஏற்படும் பாகத்தில் எண்ணெயையோ இந்தத் தூளையோ உபயோகித்தால் உராய்வுச் சிக்கல் குறைந்துவிடும். வேறு விதத்திலும் இதைக் குறைக்கலாம். இயக்கம் உண்டாகும் இடங்களை ரவை உள்ளாழி (Ball Bearing) களால் அமைத்துச் சிக்கலைக் குறைப்பதும் உண்டு. சைகிள்வண்டி இதற்கு ஓர் சான்ருகும். ஆலைகளில் யந்திரம் ஓட்டுபவர்களுக்கு முதல்முதலில் எண்ணெய், மெழுகு இவற்றை உபயோகிக்கவேண்டிய இடங்களையே உணர்த்துவார்கள். இதன் அவசியத்தை நன்கு உணரலாம். இதற்கென்று பிரத்தியேகமாக எண்ணெய், மெழுகு முதலியன தயாரிக்கப் படுகின்றன. அதிவேகமாகச் செல்லும் ஆகாய விமானங்கள், கப்பல்கள் இவை கண்டுபிடிக்கப்பட்ட பின்னர் காற்று, நீர் இவற்றின் உராய்வுச் சிக்கலையும் நிவர்த்தி செய்யவேண்டிய அவசியம் ஏற்பட்டது. மேல் நாடுகளில் இதை நன்கு ஆராய்ந்து இதற்கு வேண்டிய சீர்திருத்தங்களை யந்திரங்கள், நீராவி, மின்சார வண்டிகள், கப்பல்கள் முதலியவற்றில் அமைத்துக் கையாண்டு வருகிருர்கள். இப்பொழுது இந்தச் சிக்கலின் தன்மையைச் சற்றுக் கவனிப்போம். காற்று, நீர் முதலிய ஓடிகளில் (Fluids) ஊடுருவிச் செல்லும் பொருளின் கதி குறைவாக இருக்கும் பொழுது ஓடியின் பல பல பகுதிகள் வெவ்வேறு கதிகளுடன் இயங்குகின்றன. இதன் பொருட்டு

ஊடுருவிச் செல்லும் பொருளுக்குச் சிக்கல் எதிர்ப்பு (viscous resistance) ஏற்படுகிறது. இதன் அளவு ஓடியின் பிசுக்குக் குணத்தைப் பொறுத்திருக்கும். கதி அதிகமானால் ஓடியில் நீர்ச்சுழிகள் (eddies) ஏற்பட்டுச் சிக்கல் எதிர்ப்புத் தன்மை மாறிவிடுகின்றது. இந்தச் சுழிகள் ஏற்பட்டுக் கலையும் விதத்தை ஓடுகிற நீரில் குத்திட்டுவைத்த குச்சிக்கருகில் காணலாம். இப்பொழுது ஏற்படும் சிக்கல் அல்லது தடையின் அளவு பொருளின் அகவடிவைச் சார்ந்திருப்பதைக் கண்டார்கள். பொருளின் முனைகளையும், அகவடிவையும் தக்கவாறு அமைப்பதால் இதை நிவர்த்தி செய்யலாம் என்று உணர்ந்தார்கள். பக்ஷிகளின் சிறகமைப்பையும், மீன்களின் அமைப்பையும் ஆராய்ந்து ஆகாய விமானங்கள், கப்பல்கள் இவைகள் போன்று அதிவேகமாகச் செல்லும் சாதனங்களின் அகவடிவை அமைத்திருக்கிறார்கள்.

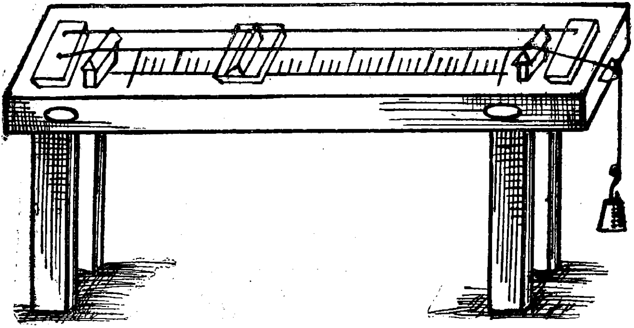
10

கம்பி வாத்தியங்கள்

இசைக் கருவிகளில் கம்பிவாத்தியங்களே முதன்மை யானவை. இவை எல்லாத் தேசத்தவர் களினுலும் நீண்ட காலமாகக் கையாளப்பட்டு வரு கின்றன. வீணை, தம்புரு போன்ற வாத்தியங்கள் எவ்வளவு பழமையானவை என்பதைப் பண்டைக் காலத்தில் எழுதப்பட்ட நூல்களிலிருந்து தெரிந்து கொள்ளலாம். முகலாயர்கள் ஆண்டுவந்த காலம் முதற்கொண்டு சிதார், சாரங்கி, சாரிந்தா போன்ற கம்பி வாத்தியங்கள் வழங்கிவரலாயின. வெள்ளையர் களின் ஆட்சி வந்தபிறகு அவர்களுடைய பிடில் வாத்தி யத்தையும் பயன்படுத்தி வருகின்ருேம். கம்பி வாத்தி யங்கள் எல்லாவற்றையும் அவற்றின் அமைப்புக்குத் தக்கவாறு மூன்று பிரிவுகளாக வகுக்கலாம். ஒன்று வீணையைப்போல மீட்டி வாசிக்கப்படும் வாத்தியங் கள், இரண்டு பிடிலைப்போல வில்லினுல் வாசிக்கப்படும் வாத்தியங்கள், மூன்று பியானேவைப்போல உலோ கத் துண்டின் உதவியால் தெறித்து வாசிக்கப்படும் வாத்தியங்கள். ஒவ்வொரு வகையிலும் எத்தனையோ வாத்தியங்கள் இருக்கின்றன. இவை எல்லாம் கம்பி களின் அசைவை ஆதாரமாகக் கொண்டிருப்பதால் கம்பிகளின் துடிப்புக்கு உண்டான விதிகளை முதலில் கவனிப்போம்.

இரண்டு நுனிகளிலும் நன்ருக இழுத்துக் கட்

டப்பட்ட ஒரு கம்பியைத் தெறித்தவுடன், அது துடித்து, ஒரு வரையறுத்த சுருதியைக் கொண்ட ஒலியை எழுப்புகிறது. துடிப்பின் வீச்சுக் குறையக் குறைய இவ்வொலியின் முழக்கமும் குறைவதைக் கவனிக்கலாம். ஆனால் சுருதிமட்டும் மாறாமல் ஒரே அளவாய் இருக்கும். இறுதியில் ஒலியின் முழக்கம்



(ஸோனமீடர்—கம்பித் துடிப்புகளுக்கு உண்டான விதி. களைக் காண்பதற்கு உபயோகப்படும் கருவி.)

குன்றி மறைந்துவிடும். ஒரு விநாடியில் கம்பி துடிக்கும் துடிப்புகளின் எண்ணிக்கையைத்தான் நாம் சுருதி என்று கொள்ளுகிறோம். இந்தச் சுருதியைத் திட்டப்படுத்தும் ஏதுக்களை விஞ்ஞானிகள் உணர்ந்து அதற்குண்டான விதிகளைக் கண்டிருக்கிறார்கள். கம்பியின் நீளம், அதன் பிகு, அதன் நிறை என்ற மூன்று அம்சங்களும் கம்பியின் சுருதியைப் பாதிக்கின்றன என்று அறிந்தார்கள். ஒரு தந்தியின் பிகு மாறாதிருந்தால் அதன் துடிப்பு எண் அல்லது சுருதி

அதன் நீளத்திற்கு எதிர்விகிதமாய் இருக்கும் என்பது தான் முதல் விதி. இதனால் ஒரு கம்பியின் நீளத்தைச் சரிபாதி ஆக்கினால் அதன் துடிப்பு எண் இரண்டு மடங்கு ஆகிவிடும் என்று அறியலாம். மேலும் ஒரு கம்பியின் நீளம் மாறாதிருந்தால் அதன் துடிப்பு எண் பிகுவின் வருக்க மூலத்திற்கு (Square Root) ஏற்ப இருக்கும் என்பது இரண்டாவது விதி. இந்த விதியை அறிய ஓர் எடுத்துக்காட்டைப் பார்ப்போம். ஒரு கம்பியின் பிகு ஒரு பவுண்டு எடை ஆற்றல் என்று கொள்வோம். இதன் துடிப்பு எண்ணை இரண்டு மடங்காகச் செய்ய வேண்டும் என்றால் ஒரு பவுண்டு எடை ஆற்றலுக்கு ஈடாக நான்கு பவுண்டு எடை ஆற்றல் கம்பியில் தொழிற்படவேண்டும் என்று இவ் விதி எடுத்துக் கூறுகிறது. இன்னும் ஒரு விதி உண்டு. இரண்டு தந்திகளின் நீளங்களும் பிகுக்களும் சமமானால் அவற்றின் துடிப்பு எண்கள் அவற்றின் நிறைகளுக்கு வருக்கமூல எதிர்விகிதமாக இருக்கும் என்று இந்த மூன்றாவது விதி எடுத்துரைக்கின்றது.

இதை இரண்டு தனித் தனி உறவுகளாகப் பிரித்து விடலாம். ஒரே பிகு, ஒரே நீளம், ஆனால் வெவ்வேறு ஆரம் கொண்ட இரண்டு எஃகுக் கம்பிகளில் ஆரம் குறைந்த கம்பி, மிக்க சுருதியுள்ள ஒலி எழுப்புவதை முதல் உறவு விளக்குகிறது. மற்றொன்று ஒரே பிகு, ஒரே நீளம், ஒரே ஆரம் கொண்ட எஃகு, பித்தளை என்ற இரண்டு வகைக் கம்பிகளில், திண்மை குறைந்த எஃகுக் கம்பியின் சுருதி, திண்மை மிகுந்த பித்தளைக் கம்பியின் சுருதியைக் காட்டிலும் உயர்வாக இருப்பதை விளக்குகிறது. கம்பி வாத்தியங்கள் எல்லாவற்றிலும் மேளகர்த்தாக்களுக்கு ஏற்ப வெவ்வேறு

சுருதி ஒலிகளை எழுப்ப இந்த மூன்று விதிகளும் பயன்படுகின்றன. கீழ்நிலையில் (கீழ் ஸ்தாயியில்) வாசிப்பதற்குத் திண்மை மிகுந்த மொத்தக் கம்பிகளையும் மேல் நிலையில் வாசிப்பதற்குத் திண்மை குறைந்த மெல்லிய கம்பிகளையும் பயன்படுத்துவது வழக்கம். துடிக்கும்போது கம்பியின் நீளத்தைத் தக்கவாறு மாற்றிப் பல சுருதி ஒலிகளை எழுப்ப முடியும். கம்பிகளின் பிகுவை வேறுபடுத்தி ஆதாரச் சுருதியை மிகுதிப்படுத்தவோ குறைக்கவோ முடியும்.

கம்பிகளின் அசைவிற்கு உண்டான மற்றொரு விளைவைக் கவனிப்போம். நுனிகளில் இழுத்துக் கட்டப்பட்ட கம்பியின் துடிப்பைச் சற்று முன் கவனித்த போது நாம் கம்பி முழுவதும் துடிப்பதாகக் கொண்டோம். இந்தத் துடிப்பை முதன்மைத் துடிப்பு என்று கூறுவார்கள். கம்பி இந்த முதன்மைத் துடிப்பை மட்டும் மேற்கொள்ளுமாறு செய்யமுடியாது. கம்பி பல கண்டங்களாகவும் துடிக்கும். ஆகையினால் முதன்மைத் துடிப்புடனே சில பரிவாரத் துடிப்புகள் (overtone vibrations) எப்பொழுதும் சேர்ந்தே காணப்படும். எனவே கம்பியிலிருந்து வெளிப்படும் ஒலியில் ஒரு முதன்மைச் சுருதியோடு பலவேறு பரிவாரச் சுருதிகள் கலந்தே வரும் என்று தெரிந்து கொள்ளலாம். முதன்மைச் சுருதியோடு கூடியுள்ள இந்தப் பரிவாரச் சுருதிகளின் தன்மை, எண்ணிக்கை, உறைப்பு முதலியவற்றிற்குத் தகுந்தபடியே ஒலியின் பண்பு அமைகின்றது. வாத்தியங்களின் அமைப்பும் பண்பைப் பாதிக்கின்றது. முதன்மையாக ஒலிப் பெட்டி என்ற பாகம் இதில் மிகுதியான பங்கு எடுத்துக்கொள்ளுகின்றது. எனவே வாத்தியங்களில்

உள்ள ஒலிப் பெட்டியைப் பற்றிச் சிறிது ஆராய்வோம்.

கம்பிகளின் மேற்பரப்பு மிகக் குறைவு. ஆகையால் அவற்றினல் தாக்கப்பட்டுத் துடிக்கும் காற்றின் அளவும் மிகவும் குறைவாகவே இருக்கும். எனவே பெரு முழக்கத்தோடு ஒலி எழுப்புவதற்கு ஒவ்வொரு வாத்தியத்திலும் காலியான பெட்டியின்மீது கம்பிகள் இழுத்துக் கட்டப்பட்டிருப்பதைக் கவனிக்கலாம். தந்திகள் துடிக்கும்போது ஒலிப்பெட்டியின் எல்லாப் பாகங்களிலும் துடிப்பு ஏற்படுகிறது. பெட்டியின் பரப்பு விரிவானது. ஆகையால் அதன் உள்ளும் புறமும் நிறைந்துள்ள காற்றின் பெரும்பகுதி தாக்கப்பட்டுத் துடிக்கின்றது. இதனல் பெரு முழக்கத்தோடு ஒலி பெட்டியிலிருந்து வெளிவருகிறது. கம்பித் துடிப்புகளை விரைவில் ஏற்றுக்கொண்டு பெட்டியின் எல்லாப் பாகங்களும் துடிப்பதற்குப் பெட்டி செய்யப்பட்ட பொருளில் ஒலியின் வேகம் (Velocity of Sound) மிகுதியாக இருக்க வேண்டும். இதற்காகக் குறைந்த செறிவும் மிகுந்த நெகிழ்ச்சியும் (Elasticity) கொண்ட மரத்தில் ஒலிப்பெட்டி செய்வது வழக்கம்.

பெட்டியின் முகங்களைக் குழிந்தோ குவிந்தோ இருக்குமாறு அமைத்து நெகிழ்ச்சியைப் பின்னும் மிகுதிப்படுத்திக் கொள்ளலாம். கம்பித் துடிப்புகளை ஏற்றுப் பெட்டியும் பெட்டிக்குள் இருக்கும் காற்றும் துடிப்பதனல் வெளிவரும் ஒலியின் பண்பு எவ்வாறு மாறுதல் அடைகிறது என்பதை அறியுமுன் பிறவயமான துடிப்பு (Forced Vibrations), உடனியக்கம் (Resonance) என்ற நிகழ்ச்சிகளைப்பற்றிச் சிறிது ஆராய்வோம். முற்கூறிய கம்பித் துடிப்புகள் தம் வய

மாக விடப்படுவதனுல் அதன் நெகிழ்ச்சி வன்மையால் மட்டும் துடிப்புகள் ஏற்படுகின்றன. ஒரு பொருள் தானுகத் துடிக்காமல் மற்றெரு தூண்டுதலுக்கு உட்பட்டும் துடிக்கலாம். இதற்குத் தூண்டும் ஆற்றலும் துடிப்பியல்பு (Periodicity) கொண்டிருத்தல் வேண்டும். அப்போது துடிக்கும் பொருள் தன்மீது தொழிற்படும் ஆற்றலின் பொழுதையே (Time of Vibration) தனது பொழுதாகக் கொள்ளும். பொருள் இப்போது பிறவயமாய்த் துடிப்பதாகக் கூறப்படும். துடிக்கும் இப்பொருளின் பொழுதும் அதன்மீது தொழிற்படும் ஆற்றலின் பொழுதும் சமமாகியதொரு சிறப்பான நிலையிலேதான் உடனியக்கம் என்னும் நிகழ்ச்சி தோன்றும். வாத்தியங்களில் கம்பித் துடிப்புகளை ஏற்று ஒலிப் பெட்டியும் அதனுள்ளிருக்கும் காற்றும் பிறவயமாகத் துடிக்கின்றன. எனவே கம்பி, ஒலிப் பெட்டியின்மீது உள்ள குதிரை, ஒலிப்பெட்டியின் முகங்கள், ஒலிப்பெட்டியின் உள்ளிருக்கும் காற்று எல்லாமே சேர்ந்து துடித்து ஒலியை எழுப்புகின்றன என்று இப்பொழுது அறியலாம். இதனுல் வெளி வரும் ஒலியின் பண்பு, ஒவ்வொன்றின் துடிப்பினுலும் பாதிக்கப்படவேண்டும் என்று உணரலாம்.

இப்பொழுது ஒவ்வொரு வகைக்கும் எடுத்துக் காட்டாகச் சில வாத்தியங்களை எடுத்துக்கொண்டு அவற்றின் அமைப்பு, அவற்றின் ஒலிக்கு உண்டான பண்பு முதலியவற்றைச் சிறிது ஆராய்வோம். வீணை, தம்புரு இரண்டும் பெரும்பாலும் அமைப்பில் ஒன்ருய் இருப்பதைப் பார்க்கலாம். வீணையில் ஒலிப் பெட்டி குடவடிவம் கொண்டிருப்பதைக் கவனிக்கவும். இதைப் பலா மரத்திலோ கருப்பு மரத்திலோ

செய்வது வழக்கம். வட இந்தியாவில் வழங்கப்படும் வீணையில் மரக் குடத்திற்குப் பதிலாகச் சுரைக்குடுக்கையைப் பயன்படுத்துகிறார்கள். குடத்தின்மேல் பலகையின் நடுவே குதிரை அமைக்கப்பட்டிருக்கிறது. இதைச் சுற்றிக் குடத்தில் சிறு துவாரங்கள் இருக்கின்றன. இவற்றின் மூலமாக வெளியிலிருக்கும் காற்றுக்கும் குடத்துக்குள்ளிருக்கும் காற்றுக்கும் தொடர்பு ஏற்படுவதனால் ஒலி நன்கு பரவ முடிகின்றது. குடத்துடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கிற தண்டு என்னும் பாகமும் இதே மரத்தால் செய்யப்படும். தண்டின் கழுத்தில் ஒரு சுரைக்குடுக்கை சேர்க்கப்பட்டிருக்கும். இந்த வாத்தியத்தில் கம்பியினால் உண்டாகும் ஒலியின் முழக்கத்தை மிகுதியாக்க, குடம், தண்டு, சுரைக்குடுக்கை முதலிய பாகங்கள் பயன்படுகின்றன. வீணைநாதம் வன்மையற்று மிகுதியான முழக்கம் இல்லாமல் இருப்பதற்குக் குடம் முதலிய பாகங்களின் கனமே காரணமாகிறது. மெல்லிய பலகையினால் குடம் முதலிய பாகங்கள் செய்யப்பட்டால், இதை ஒருவாறு நீக்கிக்கொள்ளலாம். வீணையின் குதிரையும் கனமாய் இருப்பது இதற்கு மற்றொரு காரணமாகும்.

இப்பொழுது குதிரையின் அமைப்பைக் கவனிப்போம். குடத்தில் இதை வைக்குமுன் மரத்தில் பிறை வடிவம் உள்ள துண்டு ஒன்றைச் செய்துகொண்டு, அதன்மீது மற்றொரு மரச்சட்டத்தைப் படிமானமாக வைத்து ஒருவகைப் பிசினை ஊற்றி அவற்றின்மீது உலோகத் தகடு ஒன்றைப் பொருத்தி வைக்கிறார்கள். இந்தத் தகட்டின்மீதுதான் வாசிக்கப்படும் நான்கு கம்பிகளும் செல்லுகின்றன. இந்தக் குதிரையின் பக்க

வாட்டத்தில் மற்றொரு குதிரையும் சேர்க்கப்படுகிறது. இதன்மீது மூன்று தாளக் கம்பிகளும் செல்லுகின் றன. எனவே குதிரையின் அமைப்பு, கனமாய்ப் போய்விடுகிறது. இதன் விளைவாகக் கம்பிகளின் துடிப்பு, குடத்திற்கும் மற்றுமுள்ள பாகத்திற்கும் குதிரையின் மூலமாகவே பரவவேண்டியிருப்பதால் ஒலிப்பெட்டியின் துடிப்பு அதிர்ச்சி குறைந்துவிடு கிறது. ஆனால் இதில் ஒரு நன்மை உண்டு. கனத்தின் விளைவாய், குதிரை, கம்பி இவற்றின் அதிர்ச்சி தாமதித்துப் பெட்டிக்குப் பரவுவதால்தான் வீணை நாதத் திற்கு நாம் போற்றும் 'கார்வை' ஏற்பட்டிருக்கிறது. நம் நாட்டின் சிறந்த இயற்கைப் பொருட் கலைஞரான ஸர் சி. வி. ராமன், வீணை, தம்புரு இரண்டின் குதிரை களைப்பற்றியும் சோதனைகள் நடத்தி இவற்றின் நாதத் தின் பெருமை பெரும்பாலும் இந்தக் குதிரைகளின் அமைப்பினாலேயே ஏற்பட்டுள்ளது என்று கருதுகின் றார். வீணைக் குதிரையின் பரப்பு, சமதளமாய் இரா மல் சற்றுக் குவிந்து இருப்பதனாலேயே நாதத்தில் பரி வாரச் சுருதிகள் நன்கு அமைந்து நாதம் கவர்ச்சியுள்ள தாகி இருக்கின்றது என்று கருதுகின்றார். இதைப் போலவே தம்புருவின் நாதத்தில் 'ஜீவு' இருப்பதற்குக் கம்பிகளுக்கும் குதிரைக்கும் இடையே பட்டு நூல் துண்டுகள் புகுத்தும் வகையும், குதிரையின் அமைப் பும் காரணமாகின்றன என்று கூறுகிறார்.

வீணைத் தண்டுப் பலகையின் விளிம்புகள் மீது குறுக்காக மெட்டுகள் அமைத்திருப்பதைக் கவனிக்க. மொத்தம் 24 மெட்டுகள் இருக்கும். மெட்டுகள் அமைப்பதைத்தான் மேளம் கட்டுகிறது என்று சொல்லுவார்கள். ஒரு நிலைக்கு 12 மெட்டுகள் வைக்

கப்படும். இதனுல் பியானே, ஆர்மோனியம் போன்ற மேஞட்டார் வாத்தியங்களில் கையாளப்படும் ஈக்வல் டெம்பரமெண்ட் என்ற கருத்தை நம் முன்ஞேர்களும் மேற்கொண்டிருப்பதை அறியலாம். ஈக்வல் டெம்பரமெண்ட் என்பது ஒரு நிலையை 12சம இடைவெளிகளாகப் பிரிக்கும் அமைப்பேயாகும். இதனுல் ஆர்மோனியத்தைப் போலக் குரலிடங்களைத் (ஸ்வர ஸ்தானங்களை) திட்டமாகப் பிடிக்க முடியாமல் போய்விடுமே என்ற ஐயம் எழலாம். மெட்டின்மீது கம்பியை அமுக்கும் வலுவை மாற்றுவதாலும் அத்துடன் தேய்த்து இழுப்பதாலும் வீணையில் குரலிடங்களைத் திட்டமாகப் பிடிக்க முடிகின்றது. மெட்டுகள் இருப்பதனுல்தான் பிடிலைப் போல் அல்லாமல் இந்த வாத்தியத்தில் விரைவில் தேர்ச்சி பெற முடிகிறது. மெட்டுகளின் உதவி இல்லாமல் வாசிக்கக் 'கோட்' என்னும் வாத்தியத்தை நம் முன்ஞேர்கள் இயற்றியிருக்கிருர்கள். நாதத்தில் இது தம்புருவை ஒத்திருக்கும். சிறு மரத்துண்டின் உதவியால் கம்பியின் நீளத்தைத் தக்கவாறு குறைத்தும் மிகுத்தும் இந்த வாத்தியம் வாசிக்கப்படும்.

இப்பொழுது வில்லிஞல் வாசிக்கப்படும் வாத்தியங்களுக்குக் காட்டாகப் பிடில் வாத்தியத்தைக் கவனிப்போம். வீணையைப் போல இதன் நாதம் அவ்வளவு இனிமையாய் இல்லாவிட்டாலும் கம்பி வாத்தியங்களில் வாய்ப்பாட்டுக்கு நல்ல பக்க வாத்தியமாக அமைந்தது இதுதான். கர்நாடக சங்கீதத்திற்கென்றே இது ஏற்பட்டதோ என்று வியப்படையும் படி முதலில் இதை வாசித்துக்காட்டிய பெருமை, காலஞ்சென்ற திருக்கோடிகாவல் கிருஷ்ணையர்,

திருச்சி கோவிந்தசாமிப் பிள்ளை என்னும் இருவர்களுக்குமே உரித்தாகும். இந்த வாத்தியத்தின் பெருமை இதன் ஒலிப் பெட்டியினால் ஏற்பட்டதே ஆகும். வில்லைக்கொண்டு நன்றாய் மீட்டி வாசிக்க இடைஞ்சல் இல்லாமல் இருக்குமாறு இதன் ஒலிப்பெட்டியின் வடிவம் அமைந்திருக்கிறது. குறைந்த செறிவும் மிகுந்த நெகிழ்ச்சி வன்மையும் கொண்ட மரத்தால் இது செய்யப்படுகிறது. இதில் எப் (F) போன்ற இரண்டு சந்துகள் குதிரையின் இருபுறங்களிலும் இருப்பதைக் கவனிக்க. இதன் குதிரை மரத்தினால் செய்யப்பட்டு உயரமாயும் மேல்முனை சற்றுக் கூராயும் இருப்பதைப் பார்க்கலாம். இதன் கால்களில் ஒன்று ஸௌண்ட் போஸ்ட் (Sound Post) என்று சொல்லப்படுவதும், பெட்டியின் மேல் பலகையையும் கீழ்ப் பலகையையும் சேர்க்கின்றதுமான ஒரு சிறு மரத்துண்டின்மீது பொருத்தி வைக்கப்படுகிறது. கம்பிகளின் நீளத்தை மாற்றுவதற்கு வசதியாகப் பிங்கர் போர்டு (Finger Board) என்னும் பாகம் ஒலிப் பெட்டியுடன் சேர்க்கப்பட்டிருப்பதைக் கவனிக்க. இடக்கை விரல்களைக் கொண்டு இதன்மீதுள்ள கம்பிகளை அழுத்துவதனால் கம்பிகளின் நீளத்தைக் குறைத்து வேண்டும் குரல்களை எழுப்ப முடிகிறது. வீணையில் இரண்டரை நிலையில் அடங்கியுள்ள குரல்களைத்தான் வாசிக்க முடியும். ஆனால் இதில் அவ்வாறு கட்டுப்பாடு இல்லை.

இப்பொழுது பிடில் கம்பியைத் துடிக்கச் செய்யும் வில்லின் போக்கைக் கவனிப்போம். வில்லை ஒரு புறத்திலிருந்து மற்றொரு புறத்திற்கு இழுக்கும்போது முதலில் அதன் மயிர்கள் கம்பியைக் கவ்வுவதனால் கம்பி வில்லுடன் சிறிது தூரம் செல்லுகிறது.

இதற்குள் கம்பியிலிருக்கும் பிகு கம்பியைப் பழைய நிலைக்கு இழுக்கிறது. எனவே கம்பி மயிர்களி லிருந்து நழுவிக்கொண்டு வில்லுக்கு எதிராக வந்து நெகிழ்ச்சி வன்மையால் சமநிலையைத் தாண்டி ஓடி விடுகிறது. மறுபடியும் மயிர்கள் கம்பியைக் கவ்வு வதனால் கம்பி திரும்பவும் வில்லுடன் செல்லுகின்றது. இவ்வாறு சில சமயம் வில் செல்லும் திசையிலும் பிறகு அதற்கு எதிராகவும் சென்று கம்பி துடிக் கிறது. வில்லை அழுத்தியோ விசையுண்டாக்கியோ மீட்டினால் கம்பியின் துடிப்பு வீச்சு மிகுதியாகும். கம்பித் துடிப்பு, குதிரையின் வழியாகப் பெட்டியின் மேல் பலகைக்கும் ஸௌண்ட் போஸ்ட் (Sound Post) டின் மூலமாகக் கீழ்ப்பலகைக்கும் பரவிப் பெட்டியும் பெட்டிக்குள்ளிருக்கும் காற்றும் துடித்து வெளிக் காற்றில் ஒலி பரவுகிறது. முழக்கத்தை மிகுதிப் படுத்துவதுடன் ஒலிப்பெட்டி தன் துடிப்பினால் ஒலி யின் பரிவாரச் சுருதிகளில் சிலவற்றைப் பலப்படுத்திப் பண்பையும் மாற்றிவிடுகிறது. எம்மட்டும் ஒலிப் பெட்டியின் துடிப்பினால் பண்பு மாறுகிறது என்பதை அறிய விஞ்ஞானிகள் ஒலிப்பெட்டியின் அசைவு, குதி ரையின் அசைவு, பெட்டிக்குள்ளிருக்கும் காற்றின் அசைவு இவற்றுக்குண்டான துடிப்பு வரைகளைத் (Vibration Curves) தனித்தனியே படம் பிடித்து ஆராய்ச்சிகள் நடத்தியிருக்கிறார்கள். பிடில் பெட்டி பழகப் பழகக் கம்பி, குதிரை, ஒலிப் பெட்டியின் மேற் பலகை, கீழ்ப் பலகை, உள்ளிருக்கும் காற்று இவை ஒவ்வொன்றும் மிகுந்த ஒற்றுமையுடன் உடனியங்கித் துடிப்பதால் ஒலியின் பண்பு நாளடைவில் பின்னும் இனிமை அடைவதை அறிந்தார்கள்.

இதில் ஒல்ப் நோட் (Wolf Note) என்று ஒரு தனியான ஒலி ஏற்படுகிறது. இது ஏற்படும்போது பிடிலின் உடல் முழுதும் நன்ருக அதிர்வதைக் கவனித்தார்கள். நன்ருக மீட்டி வாசிக்க இடர்ப்படுவதையும் கண்டார்கள். இந்த ஒலி உடனியக்கத்தின் விளைவாக ஏற்பட்டதென்று முதலில் நினைத்தார்கள். இதற்குச் சரியான காரணத்தை ஸர் சி. வி. ராமன் அவர்களே கண்டுபிடித்தார். பிடில் வாத்தியத்தில் தேர்ச்சி பெற முதலில் வில் நன்ருகப் போடப் பழகவேண்டும். எப்படி நல்ல வாய்ப் பாட்டுக்குக் குரல் அவசியமோ அதுபோலப் பிடில் வாத்தியத்தில் நல்ல பயிற்சியைப் பெற வில் போடும் முறைதான் முதன்மையானது. இதற்கு வேண்டிய விசையும், அழுத்தமும், நாளடைவில் பழக்கத்தினுல்தான் ஏற்படும். வாசிப்பதற்கு இடது கை மணிக்கட்டு, விரல்கள் இவற்றை நன்கு பழக்கவேண்டும்.

இனி, மூன்ருவது வகைக்கு எடுத்துக்காட்டு ஒன்றைக் கவனிப்போம். இதற்கு வெள்ளைக்காரர்களால் கொண்டாடப்படும் பியானே வாத்தியத்தை எடுத்துக்கொள்வோம். இதில் பெரியனவும் சிறியனவுமாகப் பல மாதிரிகள் இருக்கின்றன. பெரிய பியானே வாத்தியங்களில் 220 கம்பிகள்வரை இருக்கின்றன. ஏழேகால் நிலையில் அடங்கியுள்ள எல்லா ஒலிகளையும் எழுப்ப இதில் வசதி இருக்கிறது. இந்த வாத்தியங்களுக்கென்று தனியாக எஃகுக் கம்பிகள் செய்யப்படுகின்றன. கம்பிகளின் துடிப்புக்கு உண்டான விதிகளைப் பார்க்கும்போது எவ்வாறு கம்பியின் நீளம் மொத்தம், பிகு இவை கம்பியின் சுருதியைப் பாதிக்கின்றன என்று கண்டோம். அதை ஒட்டி ஈக்வல்

டெம்பரமென்ட் என்ற கம்பிகளின் கணக்கின்படி நீளம், மொத்தம் இவற்றைத் தக்கவாறு குறைத்து இந்த வாத்தியத்தில் கம்பிகளை அமைத்திருக்கிறார்கள். எஃகுக் கம்பிகளின்மீது செப்புக் கம்பிகளை உறையிட்டுக் குறைந்த சுருதிகளுக்கு அந்தக் கம்பிகளைப் பயன்படுத்துகிறார்கள். கம்பிகளைத் துடிக்கச் செய்யச் சிறு உலோகத் துண்டுகள் பயன்படுத்தப் படுகின்றன. இதில் உள்ள யந்திரக் கருவியின் உதவியால் இந்த உலோகத் துண்டுகளைக் கொண்டு கம்பிகளைத் தெறித்து, அதனால் ஏற்படும் துடிப்புகளை ஒலிப் பலகை (Sound Board) என்னும் பாகம் ஏற்குமாறு செய்து, பெரு முழக்கத்துடன் ஒலி எழுப்பப்படுகிறது. உலோகத் துண்டுகளின் பரப்பு மெத்தென்று இருக்கும் பொருட்டு அவை பட்டுத் துணியில் தைக்கப்பட்ட உறைகளில் வைக்கப்படுகின்றன. ஒவ்வோர் உலோகத் துண்டும் வெவ்வேறு விசையுடன் சென்று கம்பியைத் தாக்குமாறு வசதி செய்யப்பட்டிருக்கிறது. மேல்நாட்டார் எல்லோரும் வாய்ப் பாட்டைக் காட்டிலும் இந்த வாத்தியத்தையே மிகுதியாக விரும்புகிறார்கள்.

இனி வருவன மூன்று வகை வாத்தியங்களின் ஒலிப் பண்புகள் சில. ஓர் ஒலியின் பண்பை அறிவதற்குமுன் சில கருவிகளைக் கொண்டு அதன் துடிப்புப் படத்தைப் பெறவேண்டும். இப் படத்தில் அந்த ஒலி உண்டான அலைத் தொடர் இருக்கும். இதைப் பரிசோதித்து இதில் அடங்கியுள்ள முதன்மைத் துடிப்பு, பரிவாரத் துடிப்புகள் இவற்றைப் பற்றிய எல்லா விவரங்களையும் அறியலாம். இம்மாதிரி சோதனைகள் நடத்தி ஒவ்வொரு வாத்தியத்திலிருந்து வரும்

ஒலியிலும் பல பரிவாரச் சுருதிகள் இருப்பதையும் அதன் பண்பு, பரிவாரச் சுருதிகளின் எண்ணிக்கை, தன்மை, உறைப்பு இவற்றைப் பொறுத்திருப்பதை யும் விஞ்ஞானிகள் அறிந்தார்கள். இந்தப் பரிவா ரச் சுருதிகளின் எண்ணிக்கை பெரும்பாலும் கம்பித் துடிப்பை இயற்றும் கருவியின்மீது சார்ந்திருப்பதை யும் கண்டார்கள். இதனுல் மீட்டித் துடிக்கச் செய்யும் போது உண்டாகும் ஒலியின் பண்புக்கும் வில்லைக் கொண்டு துடிக்கச் செய்யும்போது ஏற்படும் ஒலி யின் பண்புக்கும் உள்ள வேறுபாட்டை உணர்ந்தார் கள். மீட்டி எழுப்பப்பட்ட ஒலியில் உள்ள பரிவா ரச் சுருதிகளின் தென்பு, ஒலி அடங்குமுன் வரவரக் குறைந்துவிடுவதைக் கண்டார்கள். இதனுல்தான் வீணை நாதம் இனிமையாயும் மெல்லிதாயும் இருப் பதாகக் கொள்ளப்படுகிறது. வில்லினுல் வாசிக்கும் பொழுது ஏற்படும் ஒலியில் உயர்ந்த பரிவாரச் சுருதி கள், மிக்க வலிவுடன் வருவதைக் கண்டு இத னுல்தான் பிடில்போன்ற வாத்தியங்களின் நாதம் விறுவிறுப்பாக இருக்கிறது என்று கூறுகிருர்கள். பியானே போன்ற வாத்தியங்களின் நாதத்தில் இருக் கும் பரிவாரச் சுருதிகள் வீணை, பிடில்போன்ற வாத் தியங்களின் நாதத்தில் இருப்பனபோல் இல்லாமல் வேருக அமைந்திருப்பதை உணர்ந்து, காட்டினுர்கள். பியானே வாத்தியத்தில் உலோகத் துண்டும் கம்பியும் மோதிக்கொள்ளும் விசை, காலம் இவற்றை மாற்று வதால் பரிவாரச் சுருதிகளின் எண்ணிக்கையை அதி கரிக்கவோ குறைக்கவோ முடிவதைக் கண்டார் கள். இதுபோலவே சோதனைகளை நடத்தி எல்லா வாத்தியங்களின் பண்பையும் அறியலாம்.

11

காகிதம்

மக்களிடையே அறிவைப் பரப்புவதற்கு ஏற்பட்டுள்ள சாதனங்களுள் காகிதம் முதன்மையானதாகும். பழைய காலங்களில் காகிதத்திற்குப் பதிலாகத் தோல், பனையோலை முதலியவற்றில் எழுதி வந்தார்கள். காகிதம் செய்யும் முறையை முதல் முதலில் சீன தேசத்தார் கண்டுபிடித்ததாகக் கூறப்படுகிறது. சற்றேறக்குறைய இரண்டாயிரம் வருஷங்களுக்கு முன் அவர்கள் கண்டுபிடித்தார்கள் என்று சரித்திர ஆராய்ச்சிக்காரர்கள் கூறுகிறார்கள். பின்னர் அரேபியர்கள் ஒரு சமயம் இவர்களிடம் சண்டையிட நேரிட்டபொழுது சில சீனர்கள் கைதி ஆனார்கள் என்றும் அந்தக் கைதிகளால் இந்தத் தொழிலை இவர்கள் தெரிந்துகொண்டதால் இந்தத் தொழில் உலகெங்கும் பரவிற்று என்றும் கூறுகிறார்கள். நம் நாட்டில் மொகலாயர்கள் ஆட்சியிலிருந்து இந்தத் தொழில் பிரபலம் ஆயிற்று என்று தெரிகிறது. எல்லா இடங்களிலும் வெகு காலம்வரையில் கையினால் செய்யும் முறையே பரவி இருந்தது. பதினெட்டாம் நூற்றாண்டின் இறுதி வரையில் மேனாட்டார்களும் கையினாலேயே காகிதத்தைச் செய்துவந்தார்கள். பின்னரே யந்திர சாதனத்தின் மூலம் காகிதத்தைச் செய்யக் கற்றுக்கொண்டார்கள். இந்த முறை நாளடைவில் விருத்தி அடைந்தது. தற்காலம் அமெரிக்கா

ஐரோப்பா முதலிய நாடுகளில் பிரதிதினமும் ஆயிரக் கணக்கான டன் காகிதம் செய்யப்பட்டு வருகிறது. இவற்றில் இருபதினுயிரம் தினுசுகள் இருப்பதாகக் கூறப்படுகிறது. கையினுல் செய்யப்படும் காகிதத்தைக் காட்டிலும் யந்திரத்தில் செய்யப்படும் காகிதம் மலிவாகவும் பகட்டாகவும் இருப்பதனுல் எல்லோரும் அதையே விரும்புகிருர்கள். எல்லா நாடுகளிலும் வாழ்க்கைக்கு இன்றியமையாததாக இருந்துவரும் தினசரிப் பத்திரிகைகளுக்கு வேண்டிய காகிதத்தை யந்திர முறையினுல்தான் செய்ய முடியும். எனவே காகிதம் செய்வதில் யந்திரத் தொழிலே கைத்தொழிலைக் காட்டிலும் எல்லோராலும் போற்றப்பட்டு வருகிறது. ஒரு சமயம் நம் நாட்டில் காகிதம் செய்வது ஒரு முக்கியக் கைத்தொழிலாக இருந்து அநேக மக்களுக்கு ஜீவனம் அளித்துவந்தது. பின்பு பல காரணங்களினுல் இந்தத் தொழில் மறைந்தது. மகாத்மா காந்தி அடிகள் கிராமப் புனருத்தாரண வேலையில் ஈடுபட்ட பிறகுதான் இந்தத் தொழிலுக்குப் புத்துயிர் ஏற்பட்டிருக்கிறது. கிராமங்களிலுள்ள ஏழை மக்கள் நகரங்களுக்குச் செல்லாமல் தங்கள் இருப்பிடங்களில் இருந்துகொண்டே செய்யக் கூடிய கைத்தொழில்களுள் இதுவும் ஒன்று என்று காந்தி அடிகள் உணர்ந்து, இத்தொழிலை எல்லோருக்கும் கற்றுக் கொடுக்க ஆங்காங்கே வசதிகளை ஏற்படுத்தியுள்ளார். இது போன்ற காரியங்களுக்கு என்றே வர்தாவில் அகில இந்தியக் கிராமத்தொழிற்சாலைச் சங்கம் ஒன்று நிறுவப்பட்டிருக்கிறது. இந்தச் சங்கத்தின் சார்பாக நடத்தப்படும் பள்ளிக்கூடத்தில் இதரக் குடிசைக் கைத்தொழில்களுடன் கையினுல் காகிதம் செய்யும்

தொழிலையும் சொல்லிக் கொடுக்கிறார்கள். இந்தியா வின் பல பாகங்களிலிருந்தும் அனேகர் சென்று, இந்தக் கைத்தொழிலைப் பயின்று ஆங்காங்கே தொழில் நடத்திவருகிறார்கள். தென் இந்தியாவில் பெருத்த அளவில் விருதுநகர், ராஜபாளையம், வேலூர், மேட்டூர் முதலிய இடங்களில் காகிதம் செய்யப்படுகிறது. யுத்த நெருக்கடியால் காகிதப் பஞ்சம் ஏற்பட்டிருக்கும் இந்தச் சமயத்தில் இந்தக் கைத்தொழிலினால் செய்யப்படும் காகிதங்கள் நன்றாக வியாபாரம் ஆகின்றன. இனி, காகிதம் செய்யும் முறையையும் அதன் விஞ்ஞான தத்துவத்தையும் விளக்குவோம்.

காகிதம் செய்வதற்கு இன்றியமையாதது செலுலோஸ் (cellulose) எனப்படும் மூலத் தாவரம் ஆகும். நமது வாழ்க்கைக்குப் பயன்படும் பல பொருள்கள் இந்த மூலத் தாவரத்தையே அடிப்படையாகக்கொண்டிருக்கின்றன. உதாரணமாக ஆடைகள் யாவும் இந்த மூலத் தாவரப் பொருள்களே ஆகும். குழந்தைகள் விளையாடுவதற்கு நாம் வாங்கும் செலுலாயிடு பொம்மைகள் எல்லாம் இந்தத் தாவரத்தினாலேயே செய்யப்படுகின்றன. மரம், செடி, கொடி, புல், பூண்டு முதலிய தாவர வர்க்கங்கள் எல்லாவற்றிலும் இப்பொருள் இருப்பதால் இதற்கு மூலத் தாவரம் என்று பெயரிடுதல் பொருந்தும். இப்பொருளின் உதவியினால்தான் மரம், செடி முதலியவை விறைப்பாகவும் நிமிர்ந்தும் இருக்கின்றன. காகிதம் செய்வதற்கும் இந்தப் பொருள்தான் வேண்டும். முற்கூறிய பொருள்களில் மூலத் தாவரத்துடன் மற்றப் பொருள்களும் கலந்து இருக்கின்றன. உதாரணமாக் மரக்

கட்டைகளில் பாதியே மூலத் தாவரம் ஆகும். மிகுதி யுள்ள பாதியில் மெழுகு, கொழுப்பு, தைலம் போன்ற மற்றப் பொருள்களும் இருக்கின்றன. எனவே மூலத் தாவரத்தை மட்டும் பிரித்து எடுப்பதே காகிதம் செய்வதற்கு வேண்டிய முதல் வேலையாகும். சிற்சில ரசாயனப் பொருள்களின் உதவியினுல் இந்த மூலத் தாவரம் பிரித்து எடுக்கப்படுகிறது.

முதலில் கைத்தொழில் முறையாகக் காகிதம் தயாரிப்பதற்கு எவ்வாறு இந்த மூலத் தாவரத்தைப் பெறலாம் என்று கவனிப்போம். கிராமங்களில் வைக்கோல், புல், பூண்டுகள் முதலியவை எளிதாகக் கிடைக்கும். இவற்றைக் கார ஸோடா (caustic soda) என்னும் திரவத்தில் போட்டு ஊறவைத்து, பின்னர் ஒரு தொட்டியில் போட்டு மிதித்தால் மூலத் தாவரம் வேருகவும் மற்றப் பொருள்கள் வேருகவும் பிரிந்து விடும். தண்ணீரில் சுத்தம் செய்து, மூலத் தாவரத்தை மட்டும் எடுத்துவிடலாம். கந்தல் துணி, கழிவுக் காகிதங்கள் இவை கிடைக்குமாலுல் இவற்றைத் துண்டங்களாக்கி, கார ஸோடாவில் போட்டு வேகவைத்து, பின்னர் மிதித்தொட்டியில் மிதித்து, மூலத் தாவரத்தைப் பெறவேண்டும். இப்படித் தயாரித்த மூலத் தாவரத்தைப் பல்ப் (Pulp) என்று சொல்லுவார்கள். இது கூழ்போன்று இருக்கும். இதை வெண்ணிறம் ஆக்குவதற்குச் சலவைச் சூரணத்தை (Bleaching Powder) நீரில் கரைத்து, அத்திரவத்தில் கூழைப் போடவேண்டும். வெண்மையானவுடன் நல்ல தண்ணீரில் சுத்தம் செய்து எடுத்துவிடவேண்டும்.

பெருத்த அளவில் யந்திரத்திலுல் காகிதத்தைச் செய்யும் தொழிற்சாலைகளில் இந்தக் கூழ் வேறு வித

6670
THE MADURA TAMIL SANGAM

மாகத் தயாரிக்கப்படும். உதாரணமாக, கானடா (Canada) தேசத்தில் உள்ள ஒரு பெரிய தொழிற் சாலையில் இந்தக் கூழ் தயாரிக்கப்படும் விதத்தைக் கூறுவோம். அங்கே காடுகள் அதிகம் உள. அங்குள்ள மரங்களை வெட்டி, கட்டைகளைச் சிறு துண்டங்களாகச் செய்து, பெரிய இரும்புக் கொதி கொப்பரைகளில் போடுவார்கள். ஒரு கொப்பரை யில் சுமார் ஐம்பது டன் துண்டுகளை ஒரே சமயத்தில் எடுத்துக்கொண்டு, கார ஸோடா நீருடன் அதிக அமுக்க நிலையில் கொதிக்க விடுவார்கள். அதாவது கொதிக்கும்போது ஆவியின் இறுக்கம் (Pressure) மிக உயர்ந்திருக்கும். இந்த நிலையில் மூலத் தாவரத்தைத் தவிர மற்றவை யாவும் கார ஸோடாவால் தாக்கப் பட்டு அதில் கரைந்துவிடும். கார ஸோடாவுக்குப் பதிலாகக் கால்ஷியம் பைஸல்பைட் (Calcium bisulphide) என்னும் ரசாயனப் பொருளையும் உபயோகிப் பதுண்டு. பின்னர் இந்த மூலத் தாவரம் யந்திர சாதனத்தினால் நன்றாக அடிக்கப்பட்டுக் கூழாகச் செய்யப்படும். இதற்கு ஒரு பாத்திரத்தினுள் கூரான அனேக கத்திகள் பல வாட்டங்களிலே அமைக்கப்பட் டிருக்கும். பாத்திரம் சுழலும்போது மூலத் தாவரப் பொருள் கத்திகளினால் நன்றாகத் துண்டிக்கப்பட்டுக் கூழாக மாற்றப்படுகிறது. சலவைச் சூரணத்தினால் வெண்ணிறமாகச் செய்த பின் சுத்தமான தண்ணீரில் கழுவுகிறார்கள். இவ்வாறு கிடைத்த மரக்கூழைத் (wood pulp) தான் காகிதம் செய்வதற்கு உபயோ கிக்கிறார்கள். காகிதம் நன்றாக இருப்பது பல்பைப் பொறுத்திருக்கிறது. கைத்தொழில் முறையில் மூலத் தாவரத்தை நன்றாக அமுக்கி மிதித்தால்தான் கூழ்

சரியாகக் கிடைக்கும். ஒரு கண்ணுடிப் பாத்திரத்தில் தண்ணீரை எடுத்துக்கொண்டு, அதில் மிதிக்கப்பட்ட கூழில் கொஞ்சம் போட்டுக் கலக்கினுல் அதிலுள்ள நார்கள் தனித் தனியாக மிதந்து நிற்க வேண்டும். அவ்வாறு இல்லாமல் திரித் திரியாக இருக்குமாகுல் நன்ருக மிதிபடவில்லை என்று உணரலாம். காகிதத்தின் ஆயுள், கூழ் சுத்தமாக இருப்பதைப் பொறுத்திருப்பதால் கூழைத் தயாரிப்பதற்கும் வெளுப்பதற்கும் நாம் உபயோகித்த ரசாயனப் பொருள் எல்லாம் கழிந்து போகும்படி கூழ் தண்ணீரில் நன்ருகச் சுத்தம் செய்யப்படவேண்டும். யந்திர சாதனத்திஞல் தயாரிக்கும் முறையில் கூழ் நன்ருக அமைவதற்குக் காரணம் இந்தக் கெடுதல்கள் இல்லாமல் இருப்பதே ஆகும். மில் நூலை வாங்கிக் கையினுல் நெசவு செய்வதுபோல், யந்திரத்திஞல் செய்த மரக்கூழை வாங்கிக் கையினுல் காகிதம் செய்வதும் உண்டு.

இப்பொழுது கூழிலிருந்து கையினுல் காகிதம் செய்யும் விதத்தைக் கவனிப்போம். காகிதம் எந்த அளவிற்கு வேண்டுமோ அதற்குச் சற்று அதிகமான சுற்றளவு கொண்ட ஒரு மரச்சட்ட அமைப்பைத் தயார் செய்து, அதில் மெல்லிய கம்பிகளை நெருக்கமாக அடித்துக்கொள்ள வேண்டும். இந்தச் சட்ட அமைப்பை மௌல்ட் (Mould) என்று கூறுவார்கள். அடியில் இந்தக் கம்பிகளுக்குக் குறுக்காகச் சில சட்டங்கள் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இவை இல்லாவிடில் கம்பிகள் காகிதத்தை எடுக்கும்போது தொங்கிவிடும். இந்தச் சட்ட அமைப்பின்மீது நான்கு பக்கங்களிலும் பொருந்துமாறு மற்ருெரு சட்ட அமைப்பை

வைத்துக்கொள்ள வேண்டும். இந்த மேல் சட்டம், நாம் கம்பிகளின்மீது எடுக்கும் கூழ் ஓடாமல் காகித அளவுக்குச் சரியாக இருக்குமாறு செய்யும். இவ்வாறு சட்டங்களைத் தயார் செய்து கொண்ட பின்னர், ஒரு தொட்டியில் கூழைப் போட்டு, தொட்டியின் முக்கால் பாகம்வரையில் தண்ணீரை நிரப்பவேண்டும். ஒரு குச்சியைக்கொண்டு கூழை நன்றாகக் கலக்கவேண்டும். நன்றாகக் கலக்கிய பின்னர் கம்பிகள் அடித்த சட்ட அமைப்பின்மீது மேல் சட்டத்தை வைத்துக் கொண்டு, இரண்டு பக்கங்களையும் பிடித்துக் கொண்டு, லேசாகத் தொட்டியினுள் முழுக்கி, கூழ், கம்பிகளின் மீது வரும்படியாக அரித்து எடுக்க வேண்டும். அந்த நிலையில் சட்ட அமைப்பை இரண்டு முறை அசைக்க வேண்டும். இதனால் கூழில் உள்ள மூலத் தாவரப்பொருள் ஒன்றோடொன்று இணைந்து காகிதம் உறுதி பெறும். பின்பு சட்ட அமைப்பைத் தொட்டியிலிருந்து வெளியே எடுத்து, மேல் சட்டத்தை வேறாக எடுத்துவிட்டு, கம்பிகளின் மீதுள்ள காகிதத்தின்மேல் நனைந்த துணி ஒன்றைப் போட வேண்டும். பிறகு ஒரு பலகையின்மீது, துணி கீழும், காகிதம் மேலுமாக இருக்கும்படி சட்ட அமைப்பை வைத்துத் தூக்கினால் காகிதம் பலகையில் நின்றுவிடும். இதைக் காயவைத்து, உலர்ந்தபின் காகிதத்தை வேறாகவும் துணியை வேறாகவும் எடுத்துவிடலாம். இவ்வாறு தயாரித்த காகிதத்தில் எழுதினால் மை ஊறிவிடும். ஊறாமல் இருப்பதற்கு ஒரு விதப் பசையைத் தடவுவார்கள். இதற்குச் சௌகரியத்தை உத்தேசித்து மூன்று விதப் பசைகள் கையாளப்படுகின்றன. அவை குங்கிலியப் பசை, வஜ்ஜிரப் பசை,

மாவுப் பசை எனப்படும். பிறகு இந்தக் காகிதத்தை ஒரு வழவழப்பான கட்டையால் தேய்த்து மெருகு கொடுப்பார்கள். இதுவே கையினுல் காகிதம் செய்யும் முறையாகும்.

இப்பொழுது யந்திரத்தினுல் காகிதம் செய்யும் விதத்தை விளக்குவோம். முன்பு பெருத்த அளவில் மரக்கூழ் தயாரிக்கும் விதத்தைப் பார்த்தோம். அந்தக் கூழைச் சலவைச் சூரணத்தினுல் வெளுத்துக் கொண்டு இதனுடன் சீனக்களிமையயும் மாவையும் சேர்த்துக் கொள்வார்கள். பல நிறக் காகிதங்கள் செய்ய வேண்டுமானுல் அதற்கு வேண்டியபடி சாயத்தையும் சேர்த்துக் கொள்வார்கள். இந்தக் கூழ்க் கலவையை யந்திரத்தினுல் நன்ருகப் பிசைந்து அடிப்பார்கள். பிறகு சுத்தமான தண்ணீரில் இந்தக் கூழைக் கலந்து ஒரு பாத்திரத்தில் நிரப்பிக் கொள்வார்கள். கலவையில் கூழின் உறைப்பு (Concentration) நூற்றுக்கு இரண்டு அல்லது மூன்று வீதம் இருக்குமாறு தண்ணீர் சேர்க்கப்படும். உறைப்பை நூற்றுக்கு ஒன்ருக வேருெரு பாத்திரத்தில் குறைத்துக்கொள்வார்கள். காகிதம் செய்யும் யந்திரத்திற்கு இது கொண்டு போகப்படும்.

யந்திரத்தின் ஒரு முனையை ஈரமுனை (Wet end) என்றும் மற்ருென்றைக் காய்ந்த முனை (Dry end) என்றும் கூறுவார்கள். பம்புகளின் (Pumps) உதவியால் கூழ்க் கலவை ஈர முனைக்குச் செலுத்தப்படும். காகிதத்தை எடுப்பதற்காகத் துணி போன்ற கம்பிச் சுருள் ஒன்று யந்திரத்தின் ஊடே ஓடிக்கொண்டிருக்கும். இந்தச் சுருளின் நீளம் சுமார் ஐம்பது அடியும் அகலம் சுமார் எட்டு அடியும் இருக்கும். இதில் ஓர்

அங்குல இடைவெளிக்கு அறுபது அல்லது எழுபது கம்பிகள் வீதம் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இந்தச் சுருளின் மீதுதான் கூழ்க் கலவை இறைக்கப்படுகிறது. சுருளின் பக்க வாட்டங்களில் கலவை ஓடாமல் தடுப்பதற்காக இரண்டு பக்கங்களிலும் ரப்பர்ப் பட்டைகள் சுருள் செல்லும் கதியுடன் ஓடிக்கொண்டிருக்கும். உருளைகளைக்கொண்டு கூழ்க் கலவை சுருளின்மீது நன்ருகப் பரப்பப்படுகிறது. அடியின் வழியாகக் கசிந்துவரும் நீர் திரும்பவும் கூழ் அறைக்குக் கொண்டு செல்லப்பட்டு மறுபடியும் உபயோகப்படுகிறது. ஈரக் காகிதம் கம்பிச் சுருளோடு ஓடிக்கொண்டிருக்கும். வேறு சில உருளைகளைக்கொண்டு இதன் பரப்பைச் சீர்ப்படுத்துகிருர்கள். பின்னர் டேண்டி ரோல் (Dandy roll) என்று சொல்லப்படும் மற்ருேர் உருளையைக்கொண்டு வாட்டர் மார்க்கை ஈரக் காகிதத்தில் அச்சடிக்கிருர்கள். பிறகு இந்தக் காகிதச் சுருள் வேறு சில உருளைகளினுல் உலர்த்தப்படுகிறது. உருளைகளை நீராவியினுல் சூடு செய்துகொள்கிருர்கள். சீக்கிரத்தில் காகிதத்தை உலர்த்திவிட்டால் காகிதத்தின் பலம் குறைந்துவிடுவதால் இது சற்றுத் தாமதமாகவே நிகழுமாறு பல படிகளில் செய்யப்படுகிறது. இதன் பிறகு காகிதத்துக்கு மெருகு கொடுக்கிருர்கள். இதை அவர்கள் கேலண்டரிங் (calendering) என்று கூறுவர்.

வெளிவரும் காகிதம் அவ்வப்போது சுருட்டப்படும். தினசரிப் பத்திரிகைகளுக்கு உபயோகப்படும் ஒவ்வொரு காகிதச் சுருளிலும் சில சமயம் இரண்டு மைல் நீளத்திற்குக்கூடக் காகிதம் இருக்கும். கானடாவில் உள்ள ஒரு தொழிற்சாலையில் பிரதி தினமும் எழுநூறு டன் காகிதம் தயார் ஆகிறது. நம் நாட்டில் வங்

காளத்தில் உள்ள டிடாகர் (Titagar) காகிதச்சாலை பெயர் போனது. யந்திரத்தினால் காகிதத்தைத் தயாரிக்கும் வேறு தொழிற்சாலைகளும் நம் நாட்டில் இருக்கின்றன. காகிதம் செய்வதற்கு வேண்டிய மூலத் தாவரப் பொருள் ஏராளமாய் நம் நாட்டில் இருப்பினும் மரக்கூழ் வெளிநாடுகளிலிருந்து இறக்குமதி ஆகிறது. இந்த நிலைமை மாறவேண்டும். நாட்டில் உள்ள வசதிகளைப் பயன்படுத்திக் காகிதத்தை ஏராளமாக யந்திரத்தினாலோ கையினாலோ உற்பத்தி செய்ய இடம் இருக்கிறது. அவ்வாறு செய்து மக்களின் அறிவின்மையைப் போக்குவது நம் கடமையாகும்.

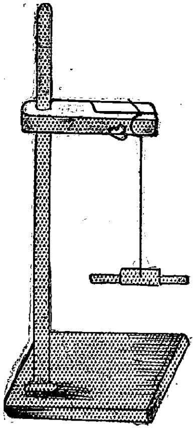
12

நிலத்தின் காந்தப் புலம்

சில இரும்புக் கனிக் கற்களுக்குச் சன்ன இரும்பு, இரும்புத் தூண், ஆணி முதலியவற்றைத் தம்மிடம் கவரும் இயல்பு உண்டு என்பதைச் சுமார் நாலாயிரம் ஆண்டுகளுக்கு முன் சீன தேசத்தினர் கண்டு பிடித்தார்கள். இந்தக் கற்களே இயற்கைக் காந்தங்கள் (natural magnets) எனப்படும். இந்தக் கற்களை ஒரு நூலில் கட்டித் தம் இயல்பாகத் தொங்கவிட்டால் அவை எப்போதும் தெற்கு வடக்காகத் திரும்பி நிற்பதைப் பல நூற்றுண்டுகள் கழிந்த பின்னரே அவர்கள் அறிந்தார்கள். இந்தக் குணத்தைப் பயன்படுத்தியே திசை காட்டும் கருவியாகிய காம்பஸ் (compass) என்பதைச் செய்திருக்கிருர்கள். திக்குத் திசை அறிய முடியாத காலத்தில் இதன் உதவியால் கப்பல்கள் திசை கண்டு செல்வது முடிந்தது. அறிவின்மையால் மாலுமிகளினிடையே அக்காலத்தில் வழங்கப்பட்டு வந்த கட்டுப்பாடுகளில் ஒன்று, அவர்கள் வெங்காயம், பூண்டு முதலியவற்றைச் சாப்பிடுவதைக் கண்டித்தது. அவற்றின் நாற்றத்திஞல் இந்தக் கற்கள் திசையைச் சரியாகக் காட்டாமல் போய்விடுமோ என்ற அச்சமே இதற்குக் காரணம் என்று சொல்லப்படுகிறது.

இந்தக் கற்களைக் கொண்டு செயற்கைக் காந்தங்களை (Artificial magnets) உண்டுபண்ணலாம். ஒரு சிறிய எஃகுச் சட்டத்தை எடுத்து, அதன்மீது ஒரே

திசையில் பன்முறை காந்தக் கல்லைத் தேய்த்தால் அந்த எஃகுச் சட்டமும் காந்தச் சக்தி பெற்றுவிடும். இவ்வாறு காந்தம் ஏற்றப்பட்ட சட்டத்தை அரத் தூளில் தோய்த்து எடுத்தால் அதன் முனைகளில் மட்டும் அரத் தூள் கொத்தாக ஒட்டிக்கொண்டிருப்பதைக் காணலாம். அரத்தூளைக் கவரும் வல்லமையெல்லாம் குவிந்துள்ளதாகத் தோன்றும் இந்த முனைகளையே காந்தத்தின் துருவங்கள் (Magnetic poles) என்று சொல்லுவார்கள். ஒரு காந்தச் சட்டம் தொங்கவிடப் பட்டிருக்கும்போது வடக்கு நோக்கி நிற்கும் முனை வடதுருவம் (North pole) என்றும், தெற்கு நோக்கி நிற்கும் முனை தென்துருவம் (South pole) என்றும் பெயர் பெறும். இதன் அருகே மற்றொரு காந்தத்தைக் கொண்டுவந்து எதிர்வகைத் துருவங்கள் (unlike poles) ஒன்றையொன்று கவருவதையும் ஒரே வகைத் துருவங்கள் ஒன்றையொன்று தள்ளுவதையும் காணலாம்.



(படம். தெற்கு வடக்காக நிற்கும் காந்தம்.)

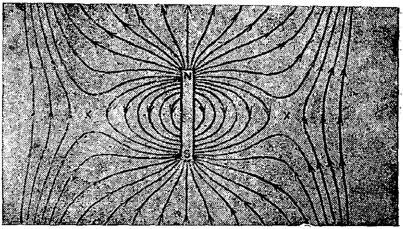
காந்தச் சட்டங்களைத் தொங்கவிட்டாலும் அகலமான தக்கைகளை நீரில் மிதக்கவிட்டு அவற்றின்மீது வைத்தாலும் காந்தங்கள் இப்படியும் அப்படியும் திசைமாறி அசைந்து கடைசியில் தெற்கு வடக்காகவே நிற்கும். இதனால் நிலம் ஒரு பெரிய காந்தமாய் இருத்தல் வேண்டும் என்பதை உணரலாம். தொங்கவிடப்பட்ட சட்டக் காந்தத்தின்

துருவங்களின்மீது நிலத்தின் காந்தத் துருவங்கள் தொழிற்படுவதனால், நிலத்தின் காந்தத் துருவங்களில் வடதுருவம் சட்டக் காந்தத்தின் தென் துருவத்தை ஒத்திருக்க வேண்டும் என்றும், நிலத்தின் தென்துருவம் சட்டக்காந்தத்தின் வடதுருவத்தை ஒத்திருக்க வேண்டும் என்றும் விளங்கும். நிலத்தின் காந்தத் துருவங்கள் பூகோளத் துருவங்களோடு (Geographical Poles) பொருந்தாமல் சற்று விலகி நிற்பதையும் அறிந்தார்கள்.

நிலத்தின் காந்தப் புலத்தைப் பற்றிய சில சொற்களின் கருத்தை இப்பொழுது கவனிப்போம். காந்தத் துருவகம் (Magnetic meridian) என்பது ஓரிடத்தில் தன் வசமாகத் தொங்க விடப்பட்ட காந்தச் சட்டத்தின் இருசின் வழியாகச் செல்லும் நிமிர்வைத் தளம் (Vertical Plane) ஆகும். இதுபோலவே ஓரிடத்தின் பூகோளத் துருவகம் (Geographical meridian) என்பது, அந்த இடத்தின் வழியாகவும் பூகோளத் துருவங்கள் வழியாகவும் செல்லும் பெரு வட்டம் (Great circle) ஆகும். நிலத்தின் காந்தத் துருவங்களும் பூகோளத் துருவங்களும் விலகி நிற்பதால் காந்தத் துருவத்திற்கும் பூகோளத் துருவத்திற்கும் இடையே ஒரு கோணம் ஏற்படுகின்றது. இந்தக் கோணத்தைப் பக்கச் சாய்வு (Declination) என்று கூறுவார்கள். நிலத்தின் மேல் பரப்பு முழுவதிலும் காந்தப் புலத்தின் ஆக்கம் புலப்படுவதால் ஆங்காங்கே உள்ள புலத்தின் வலிமையை அறியவேண்டி வருகிறது.

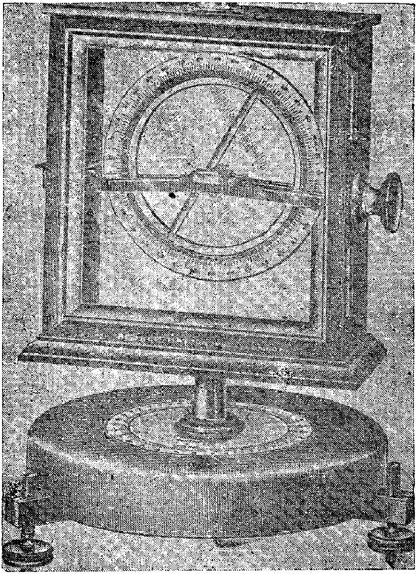
ஓர் இடத்தின் புலவலிமை எனப்படுவது அவ்விடத்தில் வைக்கப்பட்ட ஓர் அலகு வடதுருவத்தின்

(Unit North pole) மீது தொழிற்படும் வல்லமையே ஆகும். தக்க கருவிகளைக் கொண்டு காந்தப் புலங்களைக் குறிப்பதற்காகக் கோடுகள் வரையலாம். எடுத்துக்காட்டாக ஒரு காந்தச் சட்டத்தின்மீது ஒரு கண்ணுடித் தட்டை வைத்து அதன்மீது அரத் தூளைச் சீராக உதறி மெதுவாகக் கண்ணுடியைத் தட்டிஞல் அரத்தூள் எல்லாம் வரிசை வரிசையாக வட துருவத்திலிருந்து தென் துருவம் வரையில் பல கோடுகளில் படிந்திருப்பதைக் காணலாம். புலத்தின் ஒவ்வோர் இடத்திலும் அமைந்த இந்தக் கோடுகளின் அடர்த்தியும் திசையும் அங்குள்ள புலவலிமையைக் காட்டும். இது போலவே நிலத்தின் வட துருவத்திலிருந்து தென் துருவத்திற்கும் பல ஆற்றல் வரைகள் பரவியிருக்கின்றன.



(படம். ஒரு காந்தச் சட்டத்தின் சக்தி வரைகள்.)

மற்ருெரு சோதனையைப் பார்ப்போம். தொங்க விடுவதற்கு ஈடாகக் காந்த ஊசி ஒன்றை ஒரு படுக்கை இருசைச் (horizontal axis) சுற்றிச் சுழலுமாறு அமைத்துக் கொள்வோம். பின்பு இந்த ஊசி காந்தத் துருவக தளத்தில் தன் வயமாகத் திரும்புமாறு வைத்துக்கொண்டு ஊசியைக் கவனித்தால் அது படுக்கைத் திசையில் இல்லாமல் அதற்குச் சற்



(படம். காந்த இயல் மூலங்களில் இறக்கம் என்பதை அளப்பதற்கு உண்டான கருவி.)

றுச் சாய்ந்து நிற்பதைக் காணலாம். படுக்கைத் திசையிலிருந்து ஊசி விலகி நிற்கும் கோணத்தை இறக்கம் (Dip or Inclination) என்று கூறுவார்கள். மேலும் அந்த நிலையில் புலவலிமையைப் படுக்கைத் திசை, நிலுவைத் திசை ஆக இரண்டு பிரிநிலைகளாகக் கொள்ளலாம். முறையே அவற்றைப் படுக்கைப் புலம் (horizontal field) என்றும் நிலுவைப் புலம் (Vertical field) என்றும் கூறுவார்கள். எனவே நிலத்தின் மேற்

பரப்பில், ஓர் இடத்தில் உள்ள காந்தப் புலத்தை அறியப் பக்கச் சாய்வு, இறக்கம், படுக்கைப்புலம், நிலுவைப்புலம் முதலியவற்றை அறியவேண்டும். பொதுவாக இவை எல்லாவற்றையும் பூமியின் காந்த இயல் மூலங்கள் (Magnetic elements) என்று குறிப்பிடுவார்கள்.

நிலத்தின் பல பகுதிகளில் சோதனை நிலையங்களை அமைத்து ஆங்காங்கே காந்த இயல் மூலங்களைத் தக்க கருவிகளைக் கொண்டு அளவிட்டு வருகிறார்கள். அத்துடன் அவற்றின் மதிப்பில் காலப் போக்கில் நிகழும் மாறுபாடுகளையும் அளந்து வருகிறார்கள். இந்த முடிவுகள் எல்லாவற்றையும் ஒன்று திரட்டி உலகிற்குப் பொதுவான ஞாலப் படங்கள் தயாரிப்பதற்கென்று அமெரிக்கா தேசத்தில் வாஷிங்டன் என்னும் நகரத்தில் ஏராளமான பணச் செலவில் பெரிய நிலையம் ஒன்றை அமைத்திருக்கிறார்கள். இப்பொழுது காந்த மூலங்களின் மதிப்பில் இடத்திற்கு இடம் உண்டான மாறுபாடுகளைக் கவனிப்போம்.

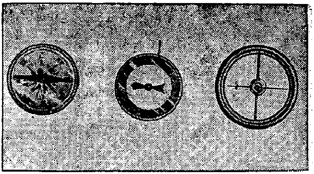
பக்கச் சாய்வு மாறும் வகையை அறியச் சம அளவான பக்கச் சாய்வுகளையுடைய இடங்களைச் சேர்த்துப் போடப்பட்டிருக்கும் வரைகளை ஞாலப் படங்களில் காணலாம். இவ்வரைகளுக்கு ஓர் இயல் பக்கச் சாய்வு வரைகள் (Isogonal lines) என்று பெயர். இவற்றில் கீழ்த்திசைப் பக்கச் சாய்வுள்ள இடங்களைச் சேர்க்கும் வரைகள் என்றும் மேல் திசைப் பக்கச் சாய்வுள்ள இடங்களைச் சேர்க்கும் வரைகள் என்றும் இரண்டு வகையுண்டு. இவற்றின் இடையே பக்கச் சாய்வு சூனியம் ஆகிய வரைகளும் போடப் படும். இவற்றைப் பக்கச் சாய்வில்லா வரைகள்

(Agonic lines) என்பார்கள். இந்த வரைகளின் மீதுள்ள இடங்களில் காந்தங்கள் உண்மையான தெற்கு வடக்குத் திசையைக் காட்டும்.

இவற்றிலே ஒன்று வட அமெரிக்காவின் வடக்கே தொடங்கி இரு அமெரிக்காக் கண்டங்களின் வழியாகவும் பாய்ந்து தெற்கு நோக்கிச் செல்லுகிறது. மற்றொன்று நார்வேயின் வடக்கே தோன்றி, பின்லாந்து, போலந்து, கருங்கடல், ஆசியா மைனர், அரேபியாவின் மேற்குக்கரை, சோமாலிலாந்து என்னும் நாடுகளின் வழியாகத் தெற்கே வந்து, வடகிழக்கே திரும்பி, வட இந்தியாவின் குறுக்கேயும், தென் சீனத்தின் வழியாகவும் கிழக்கே சென்று சைபீரியச் சுழல் (Siberian knot) என்னும் பெரிய வட்டம் ஒன்றை இட்டு, மறுபடியும் இந்து சீனு, மலேயா, சுமத்திரா, மேற்கு ஆஸ்திரேலியா வழியாகத் தெற்கு நோக்கிச் செல்லுகிறது. இவ்வாறே ஒரே இறக்கமுள்ள இடங்களைச் சேர்க்கும் கோடுகளையும் ஞாலப்படங்களில் காணலாம். இவற்றுக்கு ஓர் இயல் இறக்க வரைகள் (Isoclinals) என்று பெயர். இந்த வரைகள் நிலத்தின் 'அக்ஷரேகை'களுக்கு ஏறக்குறைய இணையானவை. இந்த வகையிலும் இறக்கம் சூனியமாகிய வரை ஒன்று நிலத்தைச் சுற்றி ஓடுகிறது. இது காந்த நடுவரை (Magnetic Equator) எனப்படும்.

நிலத்தின்மீது இரண்டு இடங்களில் மட்டும் இறக்கத்தின் மதிப்பு 90 பாகை ஆகிறது. இந்த இரண்டு இடங்களும் காந்தத் துருவங்கள் எனப்படும். எல்லாத் திசை காட்டிகளும் (compasses) இந்த இரண்டு துருவங்களையே காட்டி நிற்கின்றன. இந்த இரண்டு

இடங்களிலும் காந்த ஊசிகள் செங்குத்தாக நிற்கும். இந்தத் துருவங்கள் ஓரிடத்தில் நிலைபெற்று இருப்ப தில்லை. சிறிது விலகிக் கொண்டே வருகின்றன. காந்த வட துருவத்தை "ராஸ்" என்பவர் 1831-ஆம் ஆண்டிலே கண்டார். பூகோளத் தென் துருவத்தை நாடிச் சென்ற கூட்டத்தாரால்



(படம். காந்தத் திசை காட்டி.)

காந்தத் தென் துருவம் 1908-ஆம் ஆண்டில் காணப் பட்டது. பூமியின் படுக்கைப் புலத்தையும் எல்லா இடங்களிலும் அளந்து கண்டிருக்கிறார்கள்.

காந்த இயல் மூலங்கள் இடத்துக்கு இடம் மாறுவ தோடு காலப் போக்கிலும் மாறுபாட்டை அடைகின் றன. இப்பொழுது இந்த மாறுபாடுகளைக் கவனிப் போம். இவற்றில் நாடோறும் ஏற்படும் மாறுபாடுகள், ஆண்டுதோறும் ஏற்படும் மாறுபாடுகள், நூற்றாண்டு தோறும் ஏற்படும் மாறுபாடுகள் எனப் பலவகை மாறுபாடுகள் உள. நாடோறும் ஏற்படும் மாறுபாடு கள் கோடைக்காலத்தில் மிகுதியாகவும் குளிர் காலத் தில் குறைவாகவும் இருக்கின்றன. இவையன்றிச் சில காலங்களில் திடீர் என்று குழப்பமான மாறு பாடுகள் நிகழ்வதும் உண்டு. இவையே காந்தப் புயல் கள் (Magnetic Storms) எனப்படும். இவற்றுக்கும் ஞாயிற்றுப் பிழம்பில் தோன்றும் கரும் புள்ளிகளுக் கும் ஏதோ ஒருவகைத் தொடர்பு இருக்கிறது. ஞாயிற்றுப் பிழம்பில் பெரிய கரும்புள்ளிகள் திடீர் என்று தோன்றும்போது காந்தப் புயல்களும் வட

துருவ வெள் ஒளித் (Aurora Borealis) தோற்றமும் ஏற்படுகின்றன. இந்த வட துருவ வெள் ஒளி என்பது வட துருவங்களில் வானத்தில் தோன்றும் வெளிச்சமான சில ஒளிக் கொடிகளாகும். இவை சேர்ந்தாற்போல் பல நாட்கள் மறையாதிருந்து இராக் காலங்களில் நல்ல வெளிச்சத்தைக் கொடுக்கும். ஞாயிற்றுப் பிழம்பின் கரும் புள்ளிகளிலிருந்து வரும் சில வியத்தகு கதிர்களாலேயே வட துருவ வெள் ஒளியாகிய மின்சாரப் பாய்ச்சலும் காந்தப் புயல்களும் ஏற்படுகின்றன என்று பொதுவாகத் தெரிகிறது.

கடைசியாக நிலம் எவ்வாறு இந்தக் காந்த இயல்பைப் பெற்றது என்பதை விளக்க விஞ்ஞானிகள் மேற்கொண்டுள்ள சில முடிவுகளைக் கவனிப்போம். இவற்றில் ஒன்று, நிலம் காந்த இயல்பு கொண்ட ஒரு பெரிய உலோக உருண்டை எனக் கொள்ளுகிறது. நிலத்தின் அடியில் மிக்க ஆழம் வரையில் நிக்கல், இரும்பு முதலிய உலோகங்கள் அளவு கடந்த இறுக்கத்தினால் பாதிக்கப் பட்டுப் புதைந்து கிடப்பதைக் கொண்டு, இந்த முடிபை மேற்கொண்டிருக்கிறார்கள்.

கதிரவனின் ஆக்கத்தினால் நிலம் இந்த இயல்பைப் பெற்றிருக்கிறது என்பது மற்றொரு முடிபு. கதிரவனும் ஒரு காந்தப் புலத்துடன் இருப்பதை 1908-ஆம் ஆண்டில், "ஹேல்" என்ற விஞ்ஞானி கண்டார். இதன் பொதுவலிமை நிலத்தின் வலிமையைவிட ஏறக்குறைய ஐம்பது மடங்கு மிகுதியாக இருப்பதையும் அவர் கண்டார். கதிரவனின் கரும் புள்ளிகளில் இந்தப் புல வலிமை மிகுந்து தென்படுவதை அவர் அறிந்தார். இருந்தாலும் ஒன்பது கோடி மைல்களுக்கு அப்பால் உள்ள கதிரோனது காந்தத்தின்

விளைவாக நிலம் காந்த இயல்பு பெற்றது என்று கூறு வதைச் சிலர் மறுக்கிறார்கள்.

மற்றொரு முடிவில், நிலத்தின் காந்த இயல்பு மின் அருவியினால் ஏற்பட்டது என்று கொள்ளப்படு கிறது. நிலத்தைப் போலப் பருமன் கொண்ட செப்பு உருண்டை ஒன்றில் சிறியதொரு மின் அருவி பாய்ந் தால் அதன் அளவு சரி பாதியாகக் குறைவதற்கு ஏறக் குறைய முப்பது நூறாயிரம் ஆண்டுகள் ஆகும் என்று கணக்கினால் கண்டார்கள். எனவே நிலப் பரப்பின்மீது நீண்ட காலத்திற்குமுன் ஏற்பட்டதொரு மின் அருவிப் பாய்ச்சலால் நிலத்தின் காந்தப் புலம் தோன்றியிருக்க வேண்டும் என்று சிலர் நினைக்கிறார்கள்.

முதல் முதலில் சிறிதளவு ஏற்பட்ட மின் அருவி வரவர மிகுந்துகொண்டே வரக்கூடும் என்று சிலர் கருதுகிறார்கள். நிலத்தின் மேற்பரப்பில் இருப்பதைக் காட்டிலும் ஆழத்தில் அதன் வெப்பநிலை உயர்ந்து இருப்பதால் வெப்ப அருவிகள், மின் அருவியினால் உண்டான காந்தப் புலத்தின் வழியாகச் செல்லும் போது மின் அருவியின் வலிமை குறையாமல் இருக்கு மாறு செய்கின்றன என்று இவர்கள் கருதுகிறார்கள்.

வேறு சிலர், 'பவனத்'தில் சதா பெரிய மின் தேக் கங்கள் இருப்பதால் நிலமும் மின் சுமை ஏற்றுத் தன் சுழற்சியினால் காந்தப் புலத்தைப் பெற்றிருக்கவேண் டும் என்று நினைக்கிறார்கள். ஞாயிற்றினின்று வெளி வரும் எண்ணற்ற துகள்களின் விளைவாகவும் விண் ணியல் கதிர்களின் (Cosmic rays) விளைவாகவும் நிலம் காந்த இயல்பைப் பெற்றிருக்கலாம் என்ற முடிவும் வழங்கிவருகிறது. எல்லோரும் ஒப்புக்கொள்ளக் கூடிய முடிவு இன்னும் ஏற்படவில்லை.

13

வாசனைப் பொருள்கள்

பூஜை வேளைகளில் சாம்பிராணி, ஊதுவத்தி முதலிய வாசனை தரும் பொருள்களை உபயோகிப்பது நம் நாட்டில் தொன்று தொட்டு வரும் வழக்கங்களுள் ஒன்றாகும். பழங்காலத்தில் எகிப்து போன்ற நாடுகளில் உயிர் நீங்கிய பின்னர் உடலைப் பாதுகாப்பதற்குப் பலவகை வாசனைத் திரவியங்களை உபயோகித்து வந்தார்கள். அக்காலத்தில் அநேகர் இந்தத் தொழிலில் ஈடுபட்டு வந்ததாகவும் தெரிகிறது. நாளடைவில் வாசனைப் பொருள்களை உபயோகிப்பது ரஸிக சின்னங்களில் ஒன்று என்று மக்கள் கருதலாயினர். வெப்பத்தின் கொடுமையை ஒருவாறு தணித்துக் கொள்ள ஸ்நானம் செய்யும்போது வாசனைத் தைலங்களை உபயோகிக்கலானார்கள். விஞ்ஞானத்தின் விளைவாகப் பலவகைக் கிரீம்கள், அத்தர்கள், வாசனைச் சோப்புகள் முதலியவற்றைத் தயாரிக்கும் முறைகள் எல்லா நாடுகளிலும் பிரபலம் அடைந்தன. பிரான்ஸ் தேசம் இந்தத் தொழிலில் பிற தேசங்களுக்கு வழிகாட்டியாக இருந்துவருகிறது. அங்கே பலவகைப் புஷ்பங்களிலிருந்து அத்தர்களை எடுக்கிறார்கள். இதற்கென்று பெரிய தொழிற்சாலைகள் அனேகம் அங்கே இருக்கின்றன. இவ்வாறு எடுக்கப்படும் இயற்கை அத்தர்களைத் தவிர ரசாயனப் பொருள்களைக் கொண்டு இதுபோன்ற செயற்கை அத்தர்களையும் ஆங்காங்கே

செய்துவருகிறார்கள். செயற்கைப் பொருள்களினால் தயாரித்த இந்த அத்தர்களே எங்கும் மலிந்து விட்டன. ஏனெனில் இவற்றை எளிதில் தயாரித்து விடலாம். இவற்றை வாங்கி ஏமாற்றம் அடையும் ரஸி கர்கள் அநேகர் உண்டு. அத்தர்கள், வாசனைச் சோப் புகள் முதலியவை எவ்வாறு தயாரிக்கப்படுகின்றன என்பதை இந்தக் கட்டுரையில் கவனிப்போம்.

மல்லிகை, ரோஜா முதலிய புஷ்பங்களின் இணை யற்ற வாசனையை அனைவரும் கவனித்திருக்கலாம். இவற்றின் இதழ்களில் ஒருவித எண்ணெய் (Essential oil) இருக்கிறது. இதுதான் வாசனைக்குக் காரணம். மரம், செடி, கொடி இவைகளில் புஷ்பங்களைத் தவிர வாசனை தரும் மற்றப் பாகங்களும் உண்டு. சிலவகை இலைகளும் நல்ல மணத்தைக் கொடுக்கும். கதிர்ப் பச்சை, விபூதிப் பச்சை, மாசிப் பச்சை, மருக் கொழுந்து போன்ற இலைகளின் மணத்தைத் தமிழ் நாட்டில் உள்ளவர்கள் கவனித்திருக்கலாம். இவை போலவே வெட்டிவேர், விளாமிச்சிவேர், நன்னாரிவேர் போன்ற வேர்களின் வாசனையையும் திரவியப் பட்டை, சந்தனப் பட்டை போன்ற பட்டைகளின் வாசனையையும் அறியலாம். இவை எல்லாவற்றிலும் வாசனைக்குக் காரணமாய் உள்ளது முற்கூறிய எண் ணெய்தான்.

பலவகை அத்தர்களைத் தயாரிப்பதற்கு ஒவ்வொன் றின் எண்ணெயையும் வெவ்வேறாகப் பிரிக்கவேண் டும். முன்னாளில் புஷ்பங்களின் இதழ்களையும் மொட் டுக்களையும் நன்றாகக் காயவைத்து நல்லெண்ணெய் அல்லது தேங்காய் எண்ணெயில் போடுவார்கள். நன் றாக ஊறியபின் இந்த அத்தர், எண்ணெயுடன் கலந்து

நல்ல வாசனையைத் தரும். இப்பொழுதோ புஷ்பங்களி லிருந்தே காய்ச்சி வடித்தல் (Distillation) என்னும் முறையினால் அத்தர்களைத் தயார் செய்கிறார்கள். முதல் முதலில் அனுஷ்டித்து வந்த முறையில் வாசனைப் பொருள்களைத் தண்ணீரில் கொதிக்க வைத்து, நன்றா கக் கொதித்த பின்னர் ஆவியைக் குளிரச் செய்து, நீரை வேறாகவும் எண்ணெயை வேறாகவும் பிரித்து வந்தார்கள். பின்பு தண்ணீரில் கொதிக்க வைக்கா மல் நீராவியினால் கொதிக்க வைத்து எண்ணெயைப் பிரித்து வந்தார்கள். நீராவி நன்றாகப் பொருளின் ஊடே சென்று எண்ணெயைப் பிரித்துவிடுவதால் இந்த முறையே சிலாக்கியமானது. மல்லிகை, ரோஜா முதலிய புஷ்பங்களிலிருந்து இந்த முறையினால்தான் அத்தர்களை எடுத்து வந்தார்கள். சந்தனக் கட்டை, வேர்கள் முதலியவற்றிலிருந்து எண்ணெயை எடுக்கு முன் அவற்றை நன்றாகப் பொடி செய்துகொண்ட பின்னரே நீராவியைச் செலுத்தி அத்தரைப் பிரிக்க முடியும். இந்த முறையில் சில கெடுதல்களும் உண்டு. நீராவியினால் கொதிக்க வைக்கும்போது அத்தரின் மணம் பாதிக்கப்படுவதை உணர்ந்தார்கள். இதுவே அன்றி அத்தர் முழுவதும் கிடைப்பதில்லை. எனவே இப்பொழுது வேறு முறையைக் கையாண்டு வருகிறார் கள். சீக்கிரம் ஆவியாக மாறக்கூடிய திரவங்களில் (Vo- latile liquids) வாசனைப் பொருள்களைக் கரையச் செய்து அதைக் காய்ச்சியபின் கரைக்கும் திரவத்தை (Solvent) வேறாகவும் எண்ணெயை வேறாகவும் பிரிக்கி றார்கள். இதற்குப் பெரும்பாலும் பெட்ரோலியம் ஈதர் (Petrolium ether) என்னும் திரவமே உபயோகப் படுகிறது. காற்றிருக்கமான பல பாத்திரங்கள் ஒன்

ருேடொன்று தொடராக இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இந்தத் தொடரின் ஒரு முனையில் உள்ள பாத்திரத்தில் கரைக்கும் திரவம் இருக்கும். மற்ருெரு முனையில் வெற்றிட வடிபாண்டம் (Vacuum Still) என்ற அமைப்பு இருக்கும். புஷ்பங்களையும் மொட்டுக்களையும் போடவேண்டிய பாத்திரத்தில் போடுவார்கள். கரைக்கும் திரவம் அவற்றின் மூலம் உறிஞ்சப் படும். இதனால் வாசனைப் பொருள்கள் அதில் கரைந்துவிடும். வடிபாண்டத்தை அடைந்தவுடன் கரைக்கும் திரவத்தை வேருகப் பிரித்து அதன் ஆவியைக் குளிரவைத்து எண்ணெய்ச் சத்துக்களைப் பிரித்துக்கொண்டு குளிர்ந்த திரவத்தை மறுபடியும் உபயோகிப்பார்கள். தங்கி நிற்கின்ற எண்ணெய்ச் சத்துக்களுக்குக் கான்கிரீட் ஆயில்ஸ் (Concrete oils) என்று பெயர். இதில் அத்தருடன் சில மெழுகுகளும் கலந்திருக்கும். இதை நீக்குவதற்குக் கான்கிரீட் ஆயில்ஸ் (Concrete oils) என்று கூறப்படும் அத்தர்ச் சத்துக்களை ஆல்கஹால் (Alcohol) என்னும் திரவத்தில் போடுவார்கள். இதில் மெழுகுகள் கரைவதில்லை. ஆகையால் அவற்றை வடிகட்டி எடுத்துவிடுவார்கள்.

அத்தர் மட்டும் ஆல்கஹால் திரவத்தில் கரைந்துவிடும். ஆதலால் அத்தரை வேருகவும் ஆல்கஹாலை வேருகவும் வெற்றிட வடிபாண்டத்தின் உதவியால் பிரித்துவிடுவார்கள். கலவையில் சிறிது உப்பைப் போட்டு அத்தர் எண்ணெயை வேருகப் பிரித்துவிடுவதும் உண்டு. இந்த முறைகளில் தயாரித்த அத்தர்கள் சிறிது நிறத்துடன் இருக்கும். சில சாதனங்களினுல் அத்தர்களை நிறமில்லாமல் செய்துவிடுவார்கள். உதாரணமாக, புற ஊதாக் கிரணங்களை (Ultra Violet

Rays) அதனுள் செலுத்தி நிறத்தைப் போக்கிவிடலாம்.

இப்பொழுது ஆரஞ்சு, எலுமிச்சை போன்ற பழங்களிலிருந்து எண்ணெயை எடுக்கும் விதத்தைப் பற்றிச் சிறிது கூறுவோம். ஆரஞ்சுப் பழத்தின் தோலை சிறிது மடக்கினுல் அதிலிருந்து ஒரு வகை எண்ணெய் கசிவதை அனைவரும் கவனித்திருக்கலாம். இந்த எண்ணெயை எடுப்பதற்கு மேனுடுகளில் பல தொழிற் சாலைகள் இருக்கின்றன. இங்குள்ள யந்திரங்களில் இரண்டு உருளைகள் எப்பொழுதும் சுழன்று கொண்டே இருக்கும். இவற்றின் இடையே பழங்களைப் போடுவார்கள். உருளைகளில் உள்ள முள்களினுல் தோலில் பல துவாரங்கள் ஏற்பட்டுப் பழங்கள் நன்முக நசுக்கப்படும். பழச்சாற்றுடன் எண்ணெயும் கலந்துவிடும். அவ்வப்போது உருளைகளை நன்முகக் கழுவுவதற்குத் தண்ணீர்த் தாரை ஒன்றை அவற்றின் மீது அடிப்பார்கள். எண்ணெய் கலந்த சாற்றை மட்டும் பிரித்து வேறிடத்துக்குக் கொண்டுசெல்வார்கள். பழச் சாற்றை விலக்கு யந்திரங்கள் (Centrifugal Machines) என்று சொல்லப்படும் சாதனங்களில் செலுத்தி எண்ணெயைப் பிரித்துவிடுவார்கள். இதுவே பழத்தின் அத்தர் ஆகும். பழச் சாற்றில் கரைந்துள்ள பகுதியை முன்பு கூறிய காய்ச்சி வடித்தல் (Distillation) முறையினுல் பிரித்துவிடுவார்கள்.

இப்பொழுது செயற்கைப் பொருள்களிலிருந்து இந்த அத்தர்களைத் தயாரித்து வருகிருர்கள். இவற்றின் உதவியால் தயாரித்த கிரீம்கள், பவுடர்கள் முதலியவை ஏராளமாக வியாபாரம் ஆகின்றன. செயற்கைப் பொருள்களிலிருந்து தயாரிக்கப்படும் அத்தர்களுக்கு

இயற்கை அத்தர்களைப்போலவே மணம், நிறம் இவை இருந்தபோதிலும் மிருதுத் தன்மை மட்டும் இருப்பதில்லை. எனவே இவற்றுடன் சிறிது இயற்கை அத்தரையும் சேர்த்துத்தான் வியாபாரம் செய்கிறார்கள்.

செயற்கைப் பொருள்களிலிருந்து அத்தர்களைத் தயாரிப்பதற்கு ரசாயனம் உதவி செய்கிறது. இது எவ்வாறு என்று அறிய மல்லிகைப் புஷ்பத்தை உதாரணமாக எடுத்துக்கொள்வோம். மல்லிகைப் புஷ்பத்திலிருந்து எடுத்த அத்தரைச் சோதனை செய்து வாசனைக்குக் காரணமாய் அதில் அடங்கியுள்ள பாகங்கள், மூலப் பொருள்கள் இவை இவை என்று அறிந்தார்கள். மல்லிகை அத்தரில் நூற்றுக்கு 65 சதம் பென்ஸைல் அசிடேட் (Benzyl acetate) என்ற பொருளும், $15\frac{1}{2}$ சதம் லினலாலும் (Linalol), $7\frac{1}{2}$ சதம் லினலைல் அசிடேட் (Linalyl acetate)டும், 6 சதம் பென்ஸைல் ஆல்கஹால் (Benzyl alcohol) என்ற பொருளும், பாக்கி வேறு பொருள்களுமாக இருப்பதைக் கண்டார்கள். இவற்றில் முக்கியமானது பென்ஸைல் அசிடேட் (Benzyl acetate) என்ற பொருள்தான். இதுதான் மல்லிகையின் மணத்துக்கு முக்கிய காரணம். இந்த ரசாயனப் பொருளுடன் பிற பொருள்களையும் கொஞ்சம் இயற்கை அத்தரையும் கலந்து மல்லிகை அத்தர் என்று விற்கிறார்கள். இது போலவே எல்லாவகைப் புஷ்பங்கள், பட்டைகள், இலைகள் முதலியவற்றில் உள்ள அத்தர்களையும் சோதனைசெய்து ரசாயனத்தின் உதவியால் எண்ணற்ற செயற்கை அத்தர்களைத் தயார் செய்து வருகிறார்கள். இவ்வாறு தயாரித்த அத்தர்களைக் கொண்டு தைலவகைகள், போமேடுகள் (Pomades), கிரீம்கள், பிரில்லியன்டைன்கள் (Brilli-

antines) முதலிய அலங்காரப் பூச்சுக்களை ஏராளமாக உற்பத்தி செய்து மேனாட்டார்கள், எல்லா நாடுகளிலும் வியாபாரம் செய்து வருகிறார்கள். தற்காலம் நம் நாட்டிலும் பல இடங்களில் இந்தப் பொருள்கள் செய்யப்பட்டு வருகின்றன. இவற்றைப் பற்றிச் சிறிது கூறுவோம்.

உதாரணமாகக் கிரீம் வகையில் ஒன்றை எடுத்துக் கொள்வோம். இதைத் தயாரிப்பதற்கு உபயோகப்படும் மூலப்பொருள் எண்ணெய்ச் சத்து அல்லது கொழுப்பே ஆகும். இத்துடன் வாசனைக்கு வேண்டிய பொருளைக் கலந்துவிடுவார்கள். இவ்வாறு தயாரித்த கிரீமை முகத்திலும் உடம்பிலும் தடவிக் கொண்டால் சருமத்தின் மயிர்த் துவாரங்களில் படிந்திருக்கும் அழுக்கை எடுத்துவிடும்; சருமத்திற்கு மிருதுத் தன்மையும் கொடுக்கும். டால்கம் பவுடர் (Talcum Powder) என்று சொல்லப்படும் மாவைத் தடவிக் கொண்டால் சருமத்தில் உள்ள எரிச்சலை அது போக்கும். இவற்றை நல்ல முறைகளில் தயாரித்தால் அன்றிச் சௌகரியத்தைக் காட்டிலும் அசௌகரியமே அதிகம் ஏற்படும். நல்ல முறையில் தயாரிக்கப்படாத கிரீம்களையும் பவுடர்களையும் முகத்தில் உபயோகித்தால் சருமம் சுருங்கி மயிர்த் துவாரங்கள் பெரிதாகிவிடும்; முகத்தின் அழகும் கெட்டுவிடும். இதனால்தான் பலர் இந்த நாகரிகப் பூச்சுக்கள் ஒன்றையும் மேற்கொள்வதில்லை. இவற்றைத் தயாரிக்கும் தொழிற்சாலைகள், பத்திரிகைகளில் வித விதமாகப் போடும் விளம்பரங்கள் இவைகளிலிருந்து யார்தாம் தப்ப முடியும்?

கடைசியாக வாசனைச் சோப்புகள் தயாரிக்கும் விதத்தைப் பார்ப்போம். சோப்புகளில் பல வகை உண்டு. இவற்றைப் பல முறைகளில் தயாரிக்கலாம். பெரும்பாலும் கொதித்தல் முறை (Boiling Process) என்று கூறப்படும் முறையினால்தான் இவை தயாரிக்கப் படுகின்றன. இதற்கு உபயோகப்படும் மூலப்பொருள் பல வித எண்ணெய்களிலுள்ள கொழுப்பே ஆகும். தேங்காய், ஆமணக்குப் போன்ற எண்ணெய்களையே பெரும்பாலும் இதற்கு உபயோகிக்கின்றனர். மிருகக் கொழுப்புகளையும் உபயோகிப்பது உண்டு. ஆலைகளி லுள்ள பெரிய கொதிகலங்களில் எண்ணெயை எடுத் துக்கொண்டு அத்துடன் ஸோடாக் காரம் (Sodium Hydroxide) அல்லது பொடாஸியம் காரம் (Potassium Hydroxide) இவற்றில் ஒன்றைச் சேர்த்து இரண் டையும் கலக்கி நீராவியைக் கொண்டு கொதிக்க வைப்பார்கள். இரண்டும் ஒன்றோடொன்று நன்முறை ரசாயன முறையில் கலப்பதற்கு இரண்டு மூன்று நாட்கள் ஆகும். முடிவடைந்து விட்டதா என்று அறிய அவ்வப்போது கலவையில் கொஞ்சம் எடுத்துச் சோதனை செய்வார்கள். சரியான கலவை ஏற்பட்ட வுடன் அதில் உப்பைக் கொட்டுவார்கள். சோப்பு, பிரிந்து மேலே மிதக்கும். அதை எடுத்துச் சுத்தி செய்த பின்னரே வேண்டிய வாசனைப் பொருளைச் சேர்த்துக்கொள்வார்கள். பின்னர் இக்குழம்பை இறுகவைத்துத் துண்டு போடுவார்கள். இவைகளெல் லாம் யந்திரத்தின் உதவியால் நடைபெறும். சோப்பில் சிறிதும் காரம் தங்கி இருக்கக் கூடாது. இருந்தால் அதனால் சருமத்திற்குக் கெடுதல் ஏற்படும். ஆடைகளை வெளுப்பதற்குத் தயாரிக்கப்படும் சோப்புகளில் காரம்

தங்கியிருக்குமானால் கெடுதல் இல்லை. நம் நாட்டில் சோப்புகளைப் பல இடங்களில் தயாரித்து வருகிறார்கள்.

தென்னிந்தியாவில் முக்கியமாக மைசூரில் உள்ள தொழிற்சாலையையும் கள்ளிக்கோட்டையில் உள்ள தொழிற்சாலையையும் குறிப்பிடவேண்டும். கள்ளிக்கோட்டையில் உள்ள தொழிற்சாலையைச் சென்னை அரசாங்கத்தார் நடத்திவருகிறார்கள். இந்தத் தொழிலை நாட்டில் பரப்பவேண்டிய நோக்கத்துடன் இதை ஆரம்பித்தார்கள். முதல் சில வருஷங்களில் லாபம் ஏற்படவில்லை. காலப்போக்கில் நிலைமை மாறி 1943-ஆம் வருஷம் வரையில் சுமார் பன்னிரண்டு லக்ஷம் ரூபாய் ஆதாயம் கிடைத்திருப்பதாக அவர்களுடைய அறிக்கையிலிருந்தே தெரிகிறது. இங்கே சில மாணவர்களுக்கு இந்தத் தொழிலைக் கற்றுக் கொடுக்கிறார்கள். தற்கால வாசனைப் பூச்சுகள் பலவற்றையும் இங்கே தயார் செய்கிறார்கள். எண்ணெய் வித்துக்கள் ஏராளமாய் உள்ள நம் நாட்டில் இந்தத் தொழிற்சாலைகள் அனேகம் ஏற்படுவதற்கு இடம் இருக்கிறது. வாசனைப் பூச்சுக்களைக் காட்டிலும் சோப்புகளே சுகாதாரத்துக்கு அவசியம் ஆதலால் இந்தத் தொழிற்சாலைகள் அநேகம் ஏற்படவேண்டும்.

காற்று மண்டலம்

பூமியைச் சூழ்ந்து பல மைல்கள் வரையில் ஒரு காற்று மண்டலம் வியாபித்திருக்கிறது. இதைப் பவன மண்டலம் என்றும் கூறுவார்கள். பூமி இதைப் பெற்றிராவிடில் அதன்மீது ஓர் உயிரும் இருக்க முடியாமல் போய்விடும். சந்திரனைச் சுற்றி இத்தகைய மண்டலம் இல்லாதிருப்பதனாலேயே சந்திரனில் புல் பூண்டு முதலிய தாவரங்கள்கூட இல்லாமல் அது முற்றும் எரிமலைப் பிரதேசமாக இருக்கிறது. இந்த மண்டலத்தில் பெரும் பகுதியில் வளிரம் (Nitrogen) என்னும் வாயுவும் சிறிதளவு பிராண வாயுவும் கரியமிலவாயுவும் நீராவியும் கலந்து நிற்கின்றன. இன்னும் தூசு முதலிய சிறு பதார்த்தத் துகள்களும் காற்றில் மிதக்கின்றன. பாலைவனப் பிரதேசங்களில் மணலும், பெரிய யந்திரங்களைக் கொண்டு பொருள்களை மலை மலையாக உற்பத்தி செய்யும் நாடுகளில் கரித் துணுக்குகளும், கடலுக்கு அருகிலுள்ள இடங்களில் உப்புத் துணுக்குகளும் காற்றில் கலந்திருப்பது உண்டு. நாம் உயிரோடு வாழ்வதற்கு முக்கிய காரணமாய் இருப்பது காற்று மண்டலத்திலுள்ள பிராணவாயுவே ஆகும். அதைப் போலவே செடி, கொடிகள் முதலிய தாவரங்களின் வளர்ச்சிக்கு முக்கிய காரணம் காற்றிலுள்ள வளிரமே ஆகும். காற்றில் கலந்துள்ள நீராவி குளிர்ந்து பேருதவியை அளிக்கிறது.

பூமியின் மேற்பரப்பில் காற்று மண்டலம் நிற்ப தால் அதன் எடை பரப்பின்மீது உள்ள எல்லாப் பொருள்களையும் தாக்குகிறது. இதனால் ஏற்படும் இறுக்கத்தையே பவன இறுக்கம் அல்லது காற்றிறுக் கம் என்பார்கள். இது சதுர அங்குலத்திற்கு ஏறக் குறைய 15-பவுண்டு என்று கண்டிருக்கிறார்கள். எனவே நம் உடல் பரப்பு முழுதிலும் காற்று அழுத்துவ தால் சுமார் 15 டன் எடையுள்ள சக்தி உடலின்மேல் தொழிற்படுகிறது. இவ்வளவு பெரிய எடையை நாம் தூக்கிச் செல்வதை நாம் உணராதிருப்பதன் காரணம், நம் உடம்பு ரத்தக் குழாய்களினால் இதை எதிர்க்கு மாறு அமைந்திருப்பதுதான். நாம் உயரச் செல்லச் செல்ல நம் உடல்மீது நிற்கும் காற்றின் உயரம் குறைந்து காற்றிறுக்கமும் குறைவுபடுகிறது. சமுத் திரத்தில் மிகுந்த ஆழத்திலும் மீன்கள் வசித்து வரு கின்றன. அவற்றின்மீது அழுத்தும் நீர் நிரையின் எடையைத் தாங்கி நிற்குமாறு அவற்றின் உடல்கள் அமைந்திருக்கின்றன. அந்த மீன்களை நீர் மட்டத்திற் குக் கொண்டுவந்தால் அவற்றின்மீது அழுத்தும் இறுக்கம் குறைந்து அதனால் உள்ளிறுக்கம் அதிகமாய் ஆகிவிடுவதால் அவை வெடித்து இறந்துவிடுகின்றன.

இதைப்போலவே நாம் அதிக உயரத்திற்குப் பறந்து சென்றால் உள் இறுக்கத்தைத் தாங்கமாட்டா மல் சுவாசிப்பது தடைப்பட்டு மயக்கம் உண்டாகி விடும். காற்றிறுக்கம் வெவ்வேறு உயரங்களில் வெவ் வேறாக இருக்கிறது ; ஓர் இடத்திலேயே காலப் போக் கில் மாறுபடுகிறது. காற்று, சுருங்கும் தன்மை உடையது ஆதலால் அதன் செறிவும் பல்வேறு உயரங் களில் அங்கங்கே உள்ள இறுக்கத்திற்கு ஏற்ப மாறு

தல் அடைகிறது. காற்றிறுக்கம் அதிகமாய் உள்ள இடங்களிலிருந்து குறைவாய் உள்ள இடங்களுக்குக் காற்றோட்டம் ஏற்படுகிறது. பெரும்பாலும் சூட்டு வேற்றுமையாலேயே காற்றில் செறிவு வேற்றுமையும் இறுக்க வேற்றுமையும் ஏற்படுகின்றன. பருவக் காற்றுகளும் சூறுவளிகளும் புயல்காற்றுகளும் இந்த இறுக்க வேற்றுமையின் விளைவேயாகும்.

பூமியின் நடு வரைக்கு (Equator) அருகில் உள்ள காற்று நிரை, சூடேறுவதால் விரிந்து லேசாகி மேலே ஏறுகிறது. அதனால் நடு வரைக்கு அருகில் காற்றிறுக்கம் குறைந்துவிடுகிறது. துருவங்களுக்கு அருகில் உள்ள குளிர்ந்த காற்று நிரை இந்த இறுக்கத் தாழ்வை ஈடு செய்ய நடுவரைப் பிரதேசத்தை நோக்கி ஓடி வருகின்றது. விரிந்து மேல் சென்ற காற்றுநிரை துருவங்களை நோக்கி ஓடுகின்றது. இதனால் தெற்கு வடக்குத் திசைகளில் காற்றோட்டம் ஏற்படவேண்டும். ஆனால் அவ்வாறன்றித் தென்மேற்கு, வடகிழக்குத் திசைகளில் தான் ஏற்படுகிறது. பூமி இருபத்து நான்கு மணிக்கு ஒரு முறை தன்னைத்தானே சுற்றிக் கொள்ளும்போது அத்துடன் காற்றுமண்டலத்தையும் இழுத்துச் செல்லுகிறது. இதனால்தான் காற்றோட்டத்தில் மேற்கூறிய திசை வேறுபாடு ஏற்படுகிறது.

நீர் நிலைகளுக்கு அருகில் ஏற்படும் காற்றோட்டமும் சூட்டு வேற்றுமையினாலேயே ஏற்படுகிறது. கடற்கரை ஓரப் பிரதேசங்களில் கடல்காற்று எவ்வாறு வீசுகிறது என்று கவனிப்போம். பகலில் பூமி, கடலைக் காட்டிலும் அதிக வெப்பத்தை உட்கொள்ளுவதால் பூமிக்கு அருகில் உள்ள காற்று, சூடேறி மேலே ஏறுகிறது. எனவே குளிர்ந்த கடல்காற்று கரையை

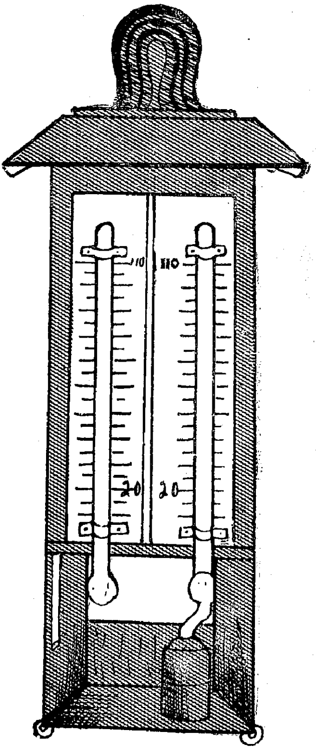
நோக்கி வீசுகிறது. பூமி தான் உட்கொண்ட வெப்பத்தைக் கடலைக் காட்டிலும் சீக்கிரம் இழப்பதால் இரவில் கரையிலிருந்து கடலை நோக்கிக் காற்று வீசுகிறது. ஆனால் இது கடலிலிருந்து வரும் காற்றைப் போல் அவ்வளவு வலுவாக இருப்பதில்லை.

ஆறு, குளம், ஏரி, கடல் போன்ற நீர்நிலைகளில் உள்ள நீர், சூரிய வெப்பத்தால் ஆவியாகிக் காற்றில் கலந்துவிடுகிறது. இதனால் எப்பொழுதும் காற்றில் ஓரளவு நீராவி இருந்துகொண்டே இருக்கிறது. இவ்வாறு கலந்துள்ள நீராவியைக் காற்றின் அல்லது பவனத்தின் ஈரம் என்று சொல்லுவார்கள். காற்றின் ஈர நிலையை அறிந்தால் மழை, பனி போன்ற நிகழ்ச்சிகளைப்பற்றி முன்னடியே தெரிந்து கொள்ளலாம். மேலும் செடி கொடிகளுக்கு வேண்டிய ஈரம் கிடைக்கிறதா என்று அறியவும் ஈரநிலையை அளப்பது உண்டு. இதற்காக அங்கங்கே பவனச் சோதனை நிலயங்கள் (Meteorological Stations) ஏற்படுத்தி ஈர நிலையை அளவிட்டு வருகிறார்கள்.

காற்றில் கலந்துள்ள நீராவி, பவனத்தின் மேற்பாகங்களில் உள்ள குளிர்ந்த பிரதேசங்களை அடைந்து மேகங்களாக மாறிச் சஞ்சரிப்பதுண்டு. மேகங்களில் பல வகை உண்டு. அவற்றின் அமைப்புக்குத் தக்கவாறு அவைகளுக்குப் பெயரும் கொடுக்கப்பட்டு இருக்கின்றன. பூமியின் உஷ்ண நிலையைப் பாதுகாப்பதற்கு அவை பெரிதும் பயன்படுகின்றன. சூரியனிடமிருந்து வரும் வெப்பம் மேகங்களைத் தாண்டி வரவேண்டியிருப்பதை உணரலாம். கோடைக் காலத்தில் ஆகாயத்தில் மேகங்கள் இருப்பின் சூரியனின் வெப்பத்தைத் தடுத்துச் சூட்டை இவை

தணியச் செய்கின்றன. மாரிக் காலத்தில் பூமி வெளியிடும் வெப்பத்தை மேகங்கள் வெளியேறவொட்டாமல் தடுத்துச் சூடு நிதானமாக இருக்குமாறு செய்கின்றன. மேகங்கள் காற்றுவாக்கில் சஞ்சரிக்கும்பொழுது குளிர்ச்சியடைந்து கனத்த நீர்த் துளிகளாக மாறி மழையைப் பொழிகின்றன.

சில சமயம் பகல் முழுவதும் நல்ல வெப்பமாய் இருந்து இரவிலும் மப்பு மந்தாரம் இல்லாமல் இருந்தால் பகலில் பூமி உட்கொண்ட வெப்பம் எல்லாம் வெளிப்பட்டவுடன் தரை குளிர்ந்துவிடுகிறது. இதனால் தரைக்கு அருகில் காற்றில் உள்ள நீராவி பனியாகத் தோன்றிப் புல் நுனியிலும் பிற தாவரங்களின் இலைகள் மீதும் படிகிறது. கோடை நாட்களிலே குளிர் நாட்களைவிடக் காற்றில் அதிக நீராவி இருக்கிறது. உஷ்ண நாடுகளில் கோடைக் காலத்தில்



(படம். ஈர நிலையை அளக்கும் கருவி.)

சிறிது தூரம் நடந்தவுடன் வேர்வை அதிகம் உண்டாகி ஆவியாக மாற முடியாமல் உடம்பில் தங்கிவிடுகிறது. இதனால் மனிதனின் வேலை செய்யும் திறமை குறைந்துவிடுகிறது.

வெப்பம் மிகுந்த பாலை நிலங்களில் நெடுந் தூரத்தில் பெரிய நீர்நிலைகள் இருப்பது போன்ற தோற்றம் ஏற்படும். மரங்களின் பிரதிபிம்பங்கள் அவற்றின் அடியில் நீர்நிலைகளில் தோன்றுவது போலவே தலைகீழாகத் தோன்றும். இதைக் கண்டு வழிப் போக்கர்கள் ஏமாறுவது உண்டு. இதைத்தான் பேய்த் தேர் அல்லது கானல் நீர் என்பர்.

மணலின் வெப்பத்தினால் தரைக்கு அடுத்துள்ள காற்றுப் படலங்கள் விரிவடைந்து அவற்றின் செறிவு குறைந்துவிடுகிறது. ஆனால் சற்று மேலேயுள்ள படலங்களின் செறிவு மட்டும் மாறாமல் இருக்கிறது. பாலைவனத்தில் உள்ள மரங்களிலிருந்து கீழ்நோக்கி அதிகச் சாய்வுடன் வரும் ஒளிக் கிரணங்கள், செறிவு வேறுபட்ட காற்றுப் படலங்களில் மோதும்போது, தரைக்குச் சமீபத்திலுள்ள காற்றுப் படலங்களுக்குள்ளே புகமுடியாமல் பூரணமாகப் பிரதிபலிக்கப் பட்டு மேலெழுந்து காண்பவன் கண்ணில் படுகின்றன. இதனால் மரங்களின் வடிவங்கள் அவற்றின் அடியில் தலைகீழாகத் தோன்றுகின்றன. இந்தத் தோற்றமே கீழே நீர்நிலை இருப்பதுபோன்ற மயக்கத்தை உண்டாக்கி வழிப்போக்கர்களை ஏமாற்றிவிடுகிறது.

ஒளிக் கிரணங்கள் ஒரு யானத்திலிருந்து (Medium) மற்றொரு யானத்திற்குச் சென்றால் அவற்றின் திசை மாறும். இந்தத் திசை வேறுபாட்டையே ஒளிக் கோட்டம் (Refraction) என்று கூறுவார்கள். ஒரு

பரிசோதனையினால் இதை உணரலாம். ஒரு சிறு குச்சியின் ஒரு முனையைத் தண்ணீரில் சிறிது முழுக்கி அதை ஒரு புறமாகச் சாய்த்துப் பிடித்தால் நீரினுள்ளே முழுகியிருக்கும் அந்தக் குச்சியின் பகுதி நீர்மட்டத்திலே ஒடிந்து சிறிது மேற்புறமாக மடங்கித் தோன்றுவதைக் காணலாம். சூரியன் முதலிய கிரகங்களிலிருந்தும் நக்ஷத்திரங்களிலிருந்தும் வரும் கிரணங்கள் பல்லாயிரம் மைல்கள் பாழிடத்தில் வந்து காற்று மண்டலத்தில் புகுந்து நம்மை அணுகும் போது அந்தக் கிரணங்களுக்கு ஒளிக் கோட்டம் ஏற்படுகிறது. அதனால் சூரியன் முதலிய கிரகங்களும் நக்ஷத்திரங்களும் நாம் பார்க்கும் திசையில் இல்லாமல் சற்று விலகியே இருக்கின்றன. சூரியன் உதயம் ஆகும் போதும் அஸ்தமனம் ஆகும் போதும் இந்த ஒளிக் கோட்டம் உச்ச மதிப்பை அடைகிறது. அப்பொழுது சூரியனின் மேற் பாகத்திலிருந்து வரும் கிரணங்களுக்கும் அதன் அடிப்பாகத்திலிருந்து வரும் கிரணங்களுக்கும் ஏற்படும் ஒளிக்கோட்டம் அதிகமாய் வித்தியாசப்படுவதால் அந்நிலையில் சாதாரணமாக இருப்பதைக் காட்டிலும் பெரிய வட்டமாகச் சூரியன் தோன்றுவதைப் பார்க்கிறோம். உதயம் ஆகும்போதும் அஸ்தமனம் ஆகும்போதும் சூரியன் செந்நிறமாகத் தோற்றுவதும் காற்று மண்டலத்தினால் ஏற்பட்ட விளைவே ஆகும்.

வெண்ணிற ஒளியில் அடங்கியுள்ள செந்நிற ஒளியைத் தவிர மற்றப் பகுதிகள் நாம் பார்க்கும் திசைக்கு அப்புறமாகச் சிதறுவதால் நமக்கும் சூரியனுடைய பிம்பம் செந்நிறமாகத் தோன்றுகிறது. ஆகாயம் நீல நிறமாகத் தோன்றுவதும் காற்று மண்

டலத்திலேதான். சில சமயம் சூரியனைச் சுற்றியும் சந்திரனைச் சுற்றியும் பல்வேறு நிறங்களுடன் வட்டங்கள் தோன்றும். இவற்றில் வான வில்லிலுள்ள எல்லா வர்ணங்களையும் பார்க்கலாம். ஆனால் நிறங்களின் வரிசை வான வில்லில் இருப்பதற்கு நேர்மாறாக இருக்கும். இந்த வர்ண வட்டங்கள் சூரியனைவிடச் சந்திரனிடத்தில் நன்றாகத் தெரியும்.

காற்று மண்டலத்திலுள்ள துகள்கள் எவ்வாறு மின் இயல்பைப் பெற்றன என்று விஞ்ஞானிகள் ஆராயத் தொடங்கினார்கள். இதற்குக் காரணத்தைச் சமீபத்தில்தான் அறிந்தார்கள். காற்று மண்டலத்தில் உயர்ந்த ஆற்றல் வாய்ந்த கிரணங்கள் எப்பொழுதும் தென்படுவதை அறிந்தார்கள். இவை எக்ஸ்-கிரணங்களைக் காட்டிலும் அதிக ஆற்றல் பெற்றிருப்பதைக் கண்டு திகைத்தார்கள். இந்தக் கிரணங்களின் ஊடுருவும் சக்தியைக் கண்டு வியந்தார்கள். இந்த விண்ணியல் கதிர்களே காற்று மண்டலத்தின் துகள்களை ஊடுருவி, மிகை மின்சுமை கொண்ட துகள்களாகவும் மின் உருக்களாகவும் பிரிந்திருக்க வேண்டும் என்று அறிந்தார்கள். இந்தக் கிரணங்கள் பூமியில் அழுந்திக் கிடக்கும் கதிரி (Radium) ஆக்கப் பொருள்களினால் ஏற்பட்டனவோ என்று முதலில் சந்தேகித்தார்கள். அதிக உயரம் பலூன்களைப் பறக்க விட்டுச் செய்த பரிசோதனைகளால் இவற்றைப் பூமி வெளியிட்டிருக்க முடியாது; சூரியனிடமிருந்தே இவை வெளிப்பட்டுக் காற்று மண்டலத்தில் புகுந்திருக்கவேண்டும் என்று முடிவு கட்டினர்.

15

சுழற்சி

ஒரு சரட்டில் கனமான குண்டு ஒன்றைக் கட்டிச் சரட்டை இறுகப் பிடித்துக்கொண்டு, குண்டைச் சுற்றுவதாகக் கொள்வோம். அப்பொழுது குண்டு சீரான கதியோடு ஒரு வட்டத்தின் பரிதியின் மீது ஓடிக்கொண்டிருக்கும். கையில் பிடித்துக்கொண்டிருக்கும் நுனி அந்த வட்டத்திற்கு மையமாக இருக்கும். அவ்வாறு சுற்றும்போது நம்முடைய கையில் குண்டை நோக்கிச் சரட்டினூடே தொழிற்படும் ஒரு சக்தியின் உணர்ச்சியைப் பெறுகிறோம். இந்தச் சக்தியை மைய விலக்கச் சக்தி என்று கூறுவார்கள். இதன் கருத்தை நன்கு உணரலாம். சுற்றும்போது குண்டு நம்முடைய கையிலிருந்து தப்பி ஓட முயலுவதனுலேயே இந்தச் சக்திக்கு இந்தப் பெயர் வந்தது. சுழலும் வேகத்தை அதிகரித்தால் இந்தச் சக்தியின் வலிமையும் அதைத் தொடர்ந்து அதிகமாவதைக் காண்கிறோம். இந்தச் சக்தி சரட்டின் பிகுவால் துலைப் பட்டு நிற்பதால் சக்தியின் பலம் அதிகரிக்கவே சரடு இதைத் தாங்கமாட்டாமல் அறுந்து போய்விடுவதும் உண்டு. மற்றும் இந்தச் சக்தியின் அளவு சுழலும் வட்டத்தின் ஆரத்தையும் பொறுத்திருக்கிறது. அதாவது பல்வேறு ஆரங்களைக் கொண்ட வட்டங்களின் பரிதியில் குண்டு ஒரே கதியுடன் சென்றுல் ஆரம் குறையக் குறையச் சக்தியின் பலம் அதிகரிக்கும் என்பதே இதன் கருத்து.

சர்க்கஸ் விளையாட்டில் குதிரைகளை வட்டங்களில் ஓட்டிச் செல்லும் காட்சியைக் கவனித்திருக்கலாம். இங்கும் மையவிலக்கச் சக்தி குதிரையின்மீது தொழிற்படுகிறது. இதைத் தவிர்க்கச் சவாரி செய்பவன் எப்போதும் மையத்தை நோக்கித் தன் உடம்பை வளைத்துக்கொண்டு சவாரி செய்துகொண்டிருப்பதைக் காணலாம். இருப்புப்பாதை வளைந்து செல்லும் இடத்தில் மையத்திற்கு வெளிப்புறத்தில் இருக்கும் தண்டவாளம் உட்புறத்தில் இருப்பதைக் காட்டிலும் உயர்த்தப்பட்டிருப்பதைக் கவனிக்கலாம். இதன் காரணம் யாதெனில் வண்டித் தொடர் வளைந்த இடத்தில் செல்லும்போது மைய விலக்கச் சக்தியினுல் தாக்கப்படுகிறது. இதனுல் வண்டிச் சக்கரங்கள் தண்டவாளங்களின்மீது உராய்ந்து செல்ல வேண்டி இருக்கிறது. இது நீடித்தால் அவை தேய்வுற்று, வண்டி, பாதையை விட்டு இறங்கிவிடக் கூடும். இதைத் தவிர்க்கவே வளைந்து செல்லும் இடங்களில் வெளிப் புறத்திலுள்ள தண்டவாளம் உட்புறத்தில் உள்ளதைக் காட்டிலும் சற்று உயரமாகப் போடப்பட்டிருக்கிறது.

இப்பொழுது இந்த மைய விலக்கச் சக்தியைப் பயன்படுத்தி இயற்றப்பட்டிருக்கிற சில சாதனங்களைப் பார்ப்போம். நீராவி யந்திரங்களிலே கண்காணி (Governor) என்ற அமைப்பு ஒன்று உண்டு. இதனுல் நீராவியின் செலவை நாம் கட்டுப்படுத்திக் கொள்ளலாம். இந்தக் கண்காணியில் நிமிர்ந்துள்ள சட்டம் ஒன்றைச் சுற்றி இரண்டு குண்டுகள் சுழலுமாறு செய்யப்பட்டிருக்கின்றன. இந்த அமைப்பின் கீழ்ப்பகுதி நீராவி அறையை அடைத்து நிற்கும் ஒருவழிக்கதவு

(Valve) ஒன்றுடன் பிணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. இதன் தொழில் முறையைச் சற்றுக் கவனிப்போம். என்ஜின் ஓடிக்கொண்டிருக்கும்போது அது எதிர்த்துச் செய்ய வேண்டிய வேலை திடீர் என்று குறைந்து விடுவதாகக் கொள்வோம். உடனே என்ஜினின் வேகம் அதிகரிக்கிறது. அதனால் அதிலுள்ள கண்காணியும் வேகமாகச் சுழலுகிறது. மைய விலக்கச் சக்தியினால் கண்காணிக் குண்டுகள் அதிகமாக இடை விரிந்துவிடவே அதன் கீழ்ப்பகுதி மேல் எழுந்து ஒரு வழிக் கதவைச் சிறிதளவு அடைத்துவிடும். இதனால் நீராவியின் செலவு குறைந்து என்ஜினின் வேகமும் குறைவுபடும். இதற்கு மாறாக என்ஜின் அதிக வேலையைச் செய்ய வேண்டி இருக்கும்போது அதன் வேகம் குறைந்து விடுவதால் கண்காணியின் இடை குறுகிவிடவே அதன் கீழ்ப்பகுதி கீழிறங்கிக் கதவை அதிகமாகத் திறந்து விடும். இதனால் நீராவியின் செலவு அதிகம் ஆகிவிடுவதால் என்ஜின் வேகமாகச் சென்று அதிக வேலையைச் செய்யும். இதுவே கண்காணியின் உபயோகம் ஆகும்.

இதைப்போன்ற இன்னும் அனேக சாதனங்கள் இந்த மைய விலக்கச் சக்தியைப் பயன்படுத்தி வேலை செய்கின்றன. பட்டாடைகள், மெல்லிய பஞ்சாடைகள் முதலியவற்றை உலர்த்துவதற்கு இயற்றப்பட்டிருக்கிற சாதனத்திலும் இந்த உண்மையே கையாளப்பட்டிருக்கிறது. பக்கங்களில் துவாரங்கள் நிறைந்துள்ள குவளை ஒன்று இதில் உண்டு. ஈரமான ஆடைகளை வைத்துக் குவளை சுற்றப்படும். ஆடைகளில் உள்ள நீர், துவாரங்களின் வழியாக மையவிலக்கச் சக்தியினால் தள்ளப்பட்டு, ஆடைகள் சீக்கிரம் உலர்ந்து விடுகின்றன. இதைப் போலவே பல வேறு செறிவு

கொண்ட துகள்கள் கலந்து நிற்கும் திரவங்களி லிருந்தும் துகள்களை வெவ்வேருகப் பிரித்து அடைவ தற்கு ஒரு சாதனம் இயற்றியிருக்கிருர்கள். இதைக் கொண்டு பாலிலுள்ள சத்தையும் பிரித்து எடுத்து விடலாம். குழந்தைகளின் ஆகாரத்துக்காக விற்கப் படும் எல்லா வித மாவுகளும் இந்தச் சாதனத்தைக் கொண்டே தயாரிக்கப் படுகின்றன.

சுழற்சியில் ஏற்படும் மற்ெருரு விளைவை இப்பொழுது காண்போம். திண்மையற்ற பொருள் களுக்குச் சுழற்சியினுல் திண்மை உண்டாகிறது. உதாரணமாக ஒரு காகிதத்தின் மையத்தில் சிறு துவாரம் இட்டு அதில் ஓர் ஊசியைச் செருகி அதனுல் காகிதத்தைச் சுற்றிவிட்டுக் காகிதத்தின் விளிம்பை ஒரு குச்சியினுல் அடித்தால் காகிதம் அட்டை மாதிரி எதிர்த்து நிற்பதைக் காணலாம். இதற்குச் சுழற்சி யினுல்தான் இந்தத் திண்மை ஏற்பட்டது. ஆறுகளில் நீர்ச் சுழல்கள் இருக்கும் இடங்களைக் கடந்து ஒருவன் நீந்தி வர மிகவும் சிரமப்படுவதும் இதே காரணம் பற்றித்தான். சுழலும் பொருள்கள் எல்லாம் ஓர் இருசைச் சுற்றியே சுழலும். இந்த இருசு எப்பொழு தும் ஒரே திசையில் இருக்க முயலுகிறது. இத னுல் ஏற்படும் விளைவுகளைக் காண்போம்.

குழந்தைகள் விளையாடும் பம்பரத்தை அனை வரும் பார்த்திருக்கலாம். இதில் ஓர் உலோகக் கம்பி யின் முனை நீட்டிக்கொண்டிருப்பதைக் கவனிக்க வும். சுற்ருதபோது இந்த முனையின்மீது பம்பரம் நிற்க இயலவில்லை. ஆனுல் சுற்றிக்கொண்டிருக்கும் பொழுது முனை பூமியில் செங்குத்தாக நிற்பதை யும் பம்பரம் நிமிர்ந்து சுற்றுவதையும் காண்கிருேம்.

பம்பரத்தை லேசாகத் தட்டினால் அது கீழே விழாமல் சுற்றுச் சாய்ந்து சுற்றி மறுபடியும் நிமிர்ந்துவிடுவதையும் காண்கிறோம். இதிலிருந்து சுழற்சி இருசு தன் திசையை மாற்றிக்கொள்ளப் பிரியப்படுகிறதில்லை என்பதை உணரலாம். அதனால்தான் சுற்றும்பொழுது பம்பரம் நிமிர்ந்த நிலையில் நிற்கும் இயல்பைப் பெற்றது. சுழற்சி நின்றவுடன் பம்பரம் படுத்துவிடுவதைக் காணலாம். ஆகையினால் சுழலும் பொருள்கள் எல்லாம் அவற்றின் நிலையை மாற்ற இயலாத தன்மையைப் பெற்றிருக்கின்றன என்பதை அறியலாம். செப்பிடு வித்தைக்காரன் பல கத்திகளை ஒன்றன்பின் ஒன்றாக எறிந்து கத்திகள் ஒன்றும் கீழே விழாமல் கைக்குக் கை மாற்றுவதைப் பார்க்கிறோம். இதன் ரகசியத்தை இப்பொழுது உணரலாம். கையை விட்டுச் செல்லும்போது அவன் கத்திகளைச் சற்றுச் சுழற்றி எறிந்துவிடுவதால் அவற்றின் நிலைகள் மாறாமல் அவை மேலேறிச் சாவதானமாகக் கீழிறங்கி வருகின்றன. அவன் மற்றொரு கையினால் அவற்றை வாங்கி, கைமாற்றி, மறுபடியும் முன்போலவே எறிந்து எல்லாக் கத்திகளும் ஒரு பெரிய வட்டத்தின் மீது வரச்செய்து காண்பிக்கிறான். இதைப்போலவே நெருப்புப் பந்தங்களையும் அம்மானைகளையும் எறிந்து காட்டுகிறான். நாம் சைகிள் வண்டி ஏறிச் சவாரி செய்ய இயல்வதும் இந்தக் காரணம் பற்றித்தான். பீரங்கிகளிலிருந்து வெளிச் செல்லும் குண்டுகள் காற்றுத் தடையை எதிர்த்துச் செல்லும் பொருட்டு ஒரு சுழற்சியுடன் வெளியேறுமாறு பீரங்கிக் குழாய்கள் அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இந்தக் கருத்தை உபயோகப்படுத்தியே கப்பல், ஆகாயவிமானம் என்ற

இவைகளுக்குத் திசைகாட்டும் கருவிகள் என்ன, ஒற்றைத் தண்டவாள இருப்புப்பாதை என்ன, இவை இயற்றப்பட்டிருக்கின்றன.

கடைசியாகப் பூமியின் சுழற்சியைச் சற்றுக் கவனிப்போம். பூமி சூரியனைச் சுற்றி வருவதல்லாமல் தன்னைத் தானேயும் சுற்றிக் கொள்கிறது. பூமியின்மீதுள்ள பொருள்களெல்லாம் அதன் மையத்திற்கு இழுக்கப்படுகின்றன. இந்தச் சக்தியைப் பூமிக் கவர்ச்சி சக்தி என்று கூறுவார்கள். பூமி தன்னைத் தானே சுற்றுவதால் அதன்மீதுள்ள பொருள்கள் எல்லாம் மையவிலக்கச் சக்தியினுல் தள்ளப் படுகின்றன. எனவே பூமிக் கவர்ச்சி சக்தியும் மையவிலக்கச் சக்தியும் ஒன்றுக்கொன்று எதிராகத் தொழிற்படுகின்றன. இவற்றில் மையவிலக்கச் சக்தியின் பலம் குறைவானது. ஆகையினுல் கவர்ச்சி சக்தி சிறிதளவு குறைவுபடுகிறது. பூமி இன்னும் அதிக வேகமாகத் தன்னையே தான் சுற்றி வந்தால் மையவிலக்கச் சக்தி பின்னும் அதிகரித்துக் கவர்ச்சி சக்தி இன்னும் குறையும். இவ்வாருனுல் ஒரு நிலையில் பூமியிலுள்ள பொருள்களெல்லாம் அதை விட்டு வெளியே தள்ளப்படவும் கூடும். நிற்க, சுழற்சியினுல் கவர்ச்சி சக்தி குறைந்ததன் விளைவு என்ன என்பதைக் கவனிப்போம். ஒரு பொருளின் எடை என்பது, அப்பொருளைப் பூமியை நோக்கி இழுக்கும் சக்தியின் அளவே ஆகும். சுழற்சி இருசு வடதுருவத்தையும் தென்துருவத்தையும் சேர்க்கும் கோடே ஆகும். பூமியிலுள்ள பொருள்களும் பூமியும் இந்த இருசைச் சுற்றி வருகின்றன. பூமியின் நடுவரையின்மீதுள்ள பொருள்களின் கதி உச்ச மதிப்பைப் பெற்றிருப்

பதால் அவை மையவிலக்கச் சக்தியினுல் அதிக மாகப் பாதிக்கப்படும். ஆனுல் துருவங்களுக்கு அருகில் உள்ள பொருள்களின் கதி மிகக் குறைவாக இருப்பதால் அவை மையவிலக்கச் சக்தியினுல் பாதிக்கப்படா. துலைப்படுத்தி எஞ்சி நின்ற பூமிக் கவர்ச்சி சக்தி நடுவரைக்கு அருகே நீசமதிப்பையும் துருவங்களுக்கு அருகே உச்ச மதிப்பையும் பெறுகின் றது. அதனுல் பொருளின் எடை நடுவரைக்கு அரு கில் நீச மதிப்பையும், துருவங்களுக்கு அருகில் உச்ச மதிப்பையும் பெறும். ஒரு பொருளின் எடை நடு வரைக்கு அருகே 200 கிராம் என்று கண்டால் அது வடதுருவத்தின் அருகில் 201 கிராம் ஆகிறது என்று கண்டார்கள். வேருெரு விளைவையும் கூறலாம். தன் வயமாகத் தொங்க விடப்பட்ட காந்தச் சட்டம் தெற்கு வடக்காக நிற்பதிலிருந்து பூமி ஒரு பெரிய காந்தமாய் இருப்பது அறியப்பட்டது. சுழற்சியினு லேயே பூமி இந்த இயல்பைக் கொண்டிருக்கிறது என்றும் கருதுகிருர்கள்.

16

ஐன்ஸ்டைனின் தத்துவம்

பௌதிக அறிவு வளர்ச்சிக்குக் காரணமாக இருந்தவை இயக்க விதிகளேயாம். முதல் முதலில் வானத்தில் சஞ்சரிக்கும் கிரகங்களைக் கவனித்து அவற்றின் இயக்கத்திற்குண்டான விதிகளை அறிஞர் ஆராயத் தொடங்கினர். டைகோ, பிராஹி, கெப்ளர் என்ற விஞ்ஞானிகள் தம் ஆராய்ச்சிகளின் பயனாக, வான இயல் இயக்கங்களை ஒருவாறு அறியச் சாத்தியம் ஆயிற்று. பிறகு பூமியிலுள்ள பொருள்களின் இயக்கங்களையும் விஞ்ஞானிகள் கவனிக்கலாயினர்.

சாதாரணமாகவே கனமான பொருள்கள் லேசான பொருள்களைக் காட்டிலும் வேகமாய் உயரத்திலிருந்து விழுவதைக் கண்டு அரிஸ்டாடில் என்ற யவன அறிஞர் பொருள்கள் எல்லாம் தமது நிறைகளுக்கு ஏற்ற கதிகளுடன் விழுகின்றன என்று முடிவு கட்டினார். அந்நாளில் அரிஸ்டாடிலுக்குச் செல்வாக்கு அதிகம். ஆதலின் அவர் கூறியதைத் தயக்கமின்றி அனைவரும் ஒப்புக் கொண்டார்கள். ஆனால் இவருடைய முடிவைக் கலீலியோ என்ற விஞ்ஞானி ஒப்புக் கொள்ளவில்லை. அதற்காக மிகுந்த கஷ்டத்துக்கு அவர் ஆளானார். அவர் பைசா என்னும் நகரத்தில் உள்ள பிரசித்திபெற்ற சாய்ந்த கோபுரத்தின் உச்சியில் ஏறி, நூறு பவுண்டு எடையுள்ள ஒரு கல்லையும் ஒரு பவுண்டு எடையுள்ள மற்றொரு கல்லையும் ஒரே சமயத்தில் கீழே எறிந்தார். அவை இரண்டும் ஏக

காலத்தில் பூமியில் விழுவதை அங்குள்ளவர்களுக்குக் காண்பித்தார். அரிஸ்டாடலின் விதிப்படி இவற்றில் ஒன்றின் வீழ்ச்சி நேரம் மற்றொன்றின் வீழ்ச்சி நேரத்தைவிட நூறு மடங்காக இருந்திருக்கவேண்டும். அவ்வாறில்லாமல் அவை சேர்ந்தே விழுந்ததைக் கண்டு எல்லோரும் திகைத்துப் போனார்கள். லேசான பொருள்கள் மெதுவாகப் பூமியில் விழுவதற்கு அவற்றின் குறைவான நிறை காரணம் அன்று என்றும் அவற்றின்மீது ஏற்படும் காற்றின் தடையே (Resistence of air) காரணம் என்றும் காட்டினார். கெப்ளரின் முடிவுகளையும் கலீலியோவின் முடிவுகளையும் கொண்டு நியூட்டன் இவற்றிடையே உள்ள தொடர்பைக் கண்டார். இயக்கங்கள் எல்லாம் புற ஆக்கங்களினாலேயே நிகழ முடியும் என்று உணர்ந்து அதற்குச் சக்தி (force) என்று பெயர் இட்டார். இயக்க இயலுக்கு அடிப்படையான இவருடைய பெயர்போன மூன்று விதிகளையும் வெளியிட்டார். இதனால் சக்தியையும் இயக்கத்தையும் அளவிடுவது சாத்தியம் ஆயிற்று. பௌதிக அளவைகள் எல்லாவற்றிற்கும் இதில் அடங்கிய ராசிகளே உபயோகப்படுவதால் இவற்றின் சிறப்பை உணரலாம்.

ஒரு பொருள் பல்வேறு காலங்களில் பலவேறு இடங்களில் இருந்தால் அது இயங்குவதாகக் கூறுகிறோம். எனவே ஒரு பொருளின் இயக்கத்தை அறிய வேண்டுமானால் பல நாட்களில் அதன் நிலைகளைக் கண்டு குறித்துக்கொள்ள வேண்டும். அதாவது இடை நேரத்தையும் இடைத் தூரத்தையும் அளக்கவேண்டும். நியூட்டன் விதிப்படி இயக்கம் ஒரு சக்தியினாலேயே நிகழ்வதால் அதை அளக்கப் பொருளின்

நிறையும் தெரியவேண்டும். எனவே தூரம், காலம், நிறை இவற்றை அளவிடுவதற்கு உண்டான ராசிகளின் முக்கியத்தை நன்கு உணரலாம். மற்ருெரு விதத்தில் இதே விஷயத்தைக் கவனிப்போம். இவ்வுலகில் நிகழ்ந்த நிகழ்ச்சியைப் பற்றிக் குறிப்பிடும்போது யாது செய்கிருேம்? அது நிகழ்ந்த இடத்தைக் கூறுவதோடு அது நிகழ்ந்த காலத்தையும் உடன் கூறுகிருேம். அதற்கு நிகழ்ச்சி ஏற்பட்ட இடத்தின் அட்சம் (Latitude), துருவகம் (Longitude), நிவப்பு (Altitude) ஆகியவற்றையும் கிரீன்விச்சு மணிப்படி நேரத்தையும் குறிப்பிட்டால் போதுமானது. இப்பொழுது அடுத்தடுத்து இரண்டு நிகழ்ச்சிகள் ஏற்படுவதாகக் கொள்வோம். இதனுல் ஏற்படும் வேறுபாடு இருவகை ஆகும் என்று உணரலாம. ஒன்று இடை நேரம்; மற்ருென்று இடைத்தூரம். இவைகளை அறிந்தால்தான் நிகழ்ச்சிகளை நன்கு உணரலாம். தூரத்தையும் காலத்தையும் அளவிடுவதில் அவை ஒன்றுக்கொன்று யாதோர் உறவும் அற்றவை என்று நியூட்டன் கருதினுர். இந்தக் கொள்கை மற்ற விஞ்ஞானிகளால் சற்றும் தயக்கமின்றிச் சமீபகாலம் வரையில் ஆதாரமாகக் கொள்ளப்பட்டே பௌதிக இயல் அறிவு வளர்ச்சி பெற்று முன்னேறி வந்தது. பிற்காலத்தில் இந்தக் கருத்துத் தவறு என்று விஞ்ஞானிகள் நினைக்கலாயினர். இது எவ்வாறு ஏற்பட்டது என்பதை இங்கே கவனிப்போம்.

இயக்கத்திற்கு ஓர் உதாரணத்தை எடுத்துக் கொள்வோம். பூமி செகண்டுக்குப் பதினெட்டரை மைல் கதியுடன் சுற்றுகிறது என்கிருேம். இவ்வாறு கூறும் போது சூரியனைப் பொறுத்தே பூமி இந்தக்

கதியை மேற்கொள்ளுகிறது. அதாவது சூரியன் அசைவற்றிருக்கிறது என்றும் பூமி அதைச் சுற்றி மணிக்குப் பதினெட்டு மைல் கதியுடன் செல்லுகின்றது என்றும் ஏற்படுகிறது. எனவே ஒரு பொருளின் கதியைக் கூறும்போது அசைவற்றிருக்கிற மற்ருெரு பொருளைப் பொறுத்தே கூறவேண்டுவதன் அவசியத்தை உணரலாம். இதற்காகவே முதலில் சூரியன் முதலிய நக்ஷத்திர மண்டலங்கள் நிலையானவை என்று கொள்ளப் பட்டன. ஆனுல் அவை நிலையற்றவை என்பது பரிசோதனையினுல் பின்பு தெரியவந்தது. நுட்பமான கருவிகளின் உதவியால் எல்லா நக்ஷத்திரங்களுக்கும் இடையே உள்ள கதிகளையும் அளவிட்டு அறிந்தார்கள். இவ்வாறு அறிந்தபின்னர் நியூட்டன் விதிகளின் படி நாம் அளவிட்டு அறிந்த எல்லா இயக்கங்களும் கேவலத்தன்மை (absolute) பெற்றிருக்கவில்லை என்று உணர்ந்தார்கள்; மற்ருெரு வழியை மேற்கொண்டார்கள். ஆராய்ச்சிகளின் பயனுக, அறிஞர் சூரியனிடமிருந்து நாம் அடையும் வெப்ப ஆற்றல், ஒளிஆற்றல், என்ற இவை அலைகளாக வந்து நம்மை அடையவேண்டும் என்ற முடிவுக்கு வந்தார்கள். அதன் பொருட்டு இவ்வலைகள் பரவ ஒரு யானம் (medium) கொள்ளப்பட்டது. இதுவே விசும்பு ஆகும். இதைக்கொண்டு இயக்க அளவைகளின் கேவலத் தன்மையை நிறுவ முயன்ருர்கள். அதாவது எங்கும் வியாபிக்கும் விசும்பு அசைவற்று நிலையாய் இருப்பதாகக் கொண்டார்கள். எல்லா இயக்கங்களும் நிலையான விசும்பைப் பொறுத்து நிகழ்வதாகவும் அதனுல் எல்லா இயக்க அளவை ராசிகளும் கேவலத் தன்மை பெற்றிருப்பதாகவும் கொள்ளப்பட்டது.

அப்படியானால் பூமிக்கு விசும்பைப் பொறுத்து ஒரு கதி இருக்கவேண்டும் என்று ஏற்பட்டது. இதை அளக்க விஞ்ஞானிகள் முன்வந்தார்கள். மைக்கேல் ஸன், மார்லி என்ற இரு விஞ்ஞானிகளும் தங்கள் பேர்போன சோதனையை நடத்தி, பூமிக்கும் விசும்புக் கும் இடையே யாதொரு கதி வித்தியாசமும் இல்லை என்று காட்டினார்கள். பன்முறை சோதனைகள் நடத்தி இந்த முடிவை உறுதிப்படுத்தினார்கள். எனவே விசும்பும் நிலையற்றது என்று ஏற்பட்டது. அதனால் இயக்கங்களும் அவற்றில் அடங்கியுள்ள தூரம், காலம் முதலிய ராசிகளும் கேவலத்தன்மையை இழந் தன. விஞ்ஞானிகள் திகைத்துப் போனார்கள். இந்தச் சங்கடத்தை ஐன்ஸ்டைன் நிவர்த்தி செய்தார். இவ ருடைய அரிய தத்துவத்தைக் கண்டு எல்லோரும் வியந்து இவரைப் போற்றினார்கள். பௌதிக உலகத் திற்கே புத்துயிர் அளித்த இந்தப் பெரியாரின் தத்து வத்தையே மேற்கொண்டார்கள்.

காலமும் இடமும் கேவலத்தன்மை வாய்ந்தன அல்லவென்றும் அவைகள் காண்போர்களின் கதிக் குத் தக்கவாறு மாறும் தன்மையுடையன என்றும் ஐன்ஸ்டைன் எடுத்துக் கூறினார். ஒருவனுக்கு ஒரு மைல் தூரமாகத் தோன்றுவது வேறொருவனுக்கு நான்கு மைல்களாகவும் பிறிதொருவனுக்குக் கால் மை லாகவும் தோன்றும் என்றார். இதைப் போலவே ஒரு வனுக்கு இரு நிகழ்ச்சிகளின் இடைநேரம் ஒரு வார மாகத் தோன்றினால் மற்றொருவனுக்கு அது ஒரு மாத மாகவும் வேறொருவனுக்கு ஒரு நாளாகவும் தோன் றும் என்றார். ஒருவனுக்கு ஒரு பவுண்டு நிறையாகத் தோன்றும் ஒரு பொருள் மற்றொருவனுக்கு இரண்டு

பவுண்டுகளாகவும், மூன்றுமவனுக்கு அரைப் பவுண்டாகவும் இருக்கலாம் என்றூர். பல்வேறு கதிகளுடன் இயங்கும் பல காட்சியாளர்களுக்கு நேர, தூர, நிறை, அளவுகள் வேறுபடும் என்பதே இவருடைய தத்துவமாகும். நிற்க, ஒளியின் கதி பலவேறு கதிகளுடன் இயங்கும் பல காட்சியாளர்களுக்கும் ஒரே அளவினதாய்த் தோன்றுவதைப் பரிசோதனையினுல் விஞ்ஞானிகள் கண்டார்கள். ஆகையினுல் இதுமட்டும் மாறுமல் இருப்பதை உணர்ந்தார்கள். மேலும் கேவலத்தன்மை வாய்ந்த சமீகரணம் ஒன்றை ஐன்ஸ்டைன் காட்டினூர். இதற்கு "ஐன்ஸ்டைன் எடை" என்று பெயர். இது கால இடங்களுக்குத் தாயகமானது. கணக்கியலால் அன்றி மன உணர்வால் அறியப்படாதது. இதிலிருந்து காலமும் நீள, அகல உயரங்களைப்போலவே இவ்வுலகின் நான்காவது அளவை என்று கொள்ளப்பட்டது. மனிதர்கள் மூன்றளவைப் பிராணிகள் ஆதலால் இவற்றின் கலவைத் தோற்றமாகிய இப் பிரபஞ்சம் மனத்திற்குப் புலனுகாது என்றூர்கள்.

கடைசியாக நியூட்டன் கொள்கையைக் காட்டிலும் ஐன்ஸ்டைன் கொள்கையே சரி என்று நிரூபிப்பதற்குச் செய்யப்பட்ட சில பரிசோதனைகளின் முடிபுகளை இங்கே காண்போம். ஒளிக்கிரணங்கள் எல்லாம் சிறு துகள்களின் பாதைகள் என்பது அறியப்பட்டது. இந்தத் துகள்கள் மிகச் சிறியனவாய் இருந்த போதிலும் இவைகளுக்கு நிறை உண்டு என்றும் அறியப்பட்டது. ஐன்ஸ்டைன் தத்துவத்தின்படி இந்தத் துகள்களின் நிறை, அவை செல்லும் கதியைச் சார்ந்திருக்கும். நியூட்டன் கொள்கைப்படி இவற்றின் நிறை, செல்லும் கதியைச் சார்ந்திராது. இதில் எது சரி

என்று பரிசோதனை வாயிலாகத் தீர்மானிக்கப்பட்டது. ஒரு நக்ஷத்திரத்திலிருந்து வரும் ஒளிக்கிரணங்கள் சூரியனுக்குச் சமீபத்தில் வரும்பொழுது சூரியனால் கவரப்படவேண்டும் என்று உணரலாம். எனவே அந்த நக்ஷத்திரம் தன் உண்மை நிலையிலிருந்து விலகித் தோன்றும். இந்த விலக்கத்தை ஐன்ஸ்டைன் தத்துவத்தின்படி கணக்கிட்டார்கள். நியூட்டன் கொள்கைப் படியும் இது கணக்கிடப்பட்டது. 1919-ஆம் வருஷம் நிகழ்ந்த சூரியகிரகணத்தன்று சோதனை நடத்தப்பட்டு ஐன்ஸ்டைன் கணக்குத்தான் சரி என்று நிரூபிக்கப் பட்டது. மற்றொரு பரிசோதனையின் முடிவைப் பார்ப் போம். ஒவ்வொரு பொருளும் தன் நிலைமைக்குத் தக்க வாறு நிறமாலையின் (Spectrum) பல பாகங்களில் அமைந்துள்ள குறிப்பிட்ட அலை நீளங்களையுடைய ஒளியை வெளியிடும். நிறமாலை மானியைக் கொண்டு அவற்றின் அலை நீளங்களை அளக்கலாம். அப்பொருள் சூரியனிடத்தில் இருந்தால் இது வெளியிடும் ஒளிப் பகுதியின் அலைநீளங்கள் ஒருவிதமாகவும் பூமியில் இருந்தால் வேறொரு விதமாகவும் இருக்கும். இந்த வேற்றுமையை இரண்டு முறைகளிலும் கணக்கிட்டார்கள். பரிசோதனை செய்து பார்க்கையில் ஐன்ஸ்டைன் கணக்கே சரி என்று கண்டார்கள். மூன்றாவது பரிசோதனையில் புதன் என்ற கோளின் முனையின் இயக்கத்தை அளவிடுவதில் இரண்டு முறைகளும் கையாளப்பட்டு ஐன்ஸ்டைன் முறையே இங்கும் சரி என்று கண்டார்கள். எனவே ஐன்ஸ்டைனின் தத்துவம் அனைவராலும் ஒப்புக்கொள்ளப்பட்டது.

17

கேளாத ஒலி

ஒலிகள் எல்லாம் துடிக்கும் பொருள்களிலிருந்தே வெளிப்படுகின்றன. ஒரு செகண்டில் பொருள் இயற்றும் துடிப்புகளின் எண்ணிக்கையைத்தான் நாம் ஒலியின் சுருதி என்று கூறுகிறோம். நாம் கேட்கக்கூடிய ஒலிகளின் சுருதிகளுக்கெல்லாம் ஒரு தாழ்ந்த எல்லையும் ஓர் உயர்ந்த எல்லையும் உண்டு. சுருதி முப்பதுக்குக் குறைவாக இருந்தால் அவ்வொலியை நாம் கேட்க முடிவதில்லை. இது தாழ்ந்த எல்லையாகும். சுமார் இருபதினுயிரத்துக்கு மேலுள்ள சுருதிகளை நாம் கேட்க முடிவதில்லை. எனவே சுமார் பதினொரு ஸ்தாயி வரையில் உள்ள ஒலிகளையே நாம் கேட்கிறோம். இதிலிருந்து இருபதினுயிரத்துக்கு மேல் ஒலிகளே இல்லை என்று முடிவு கட்டக்கூடாது. அத்தகைய ஒலிகள் இருப்பதை விஞ்ஞானிகள் சமீபத்தில் தான் உணர்ந்தார்கள். அவற்றை உற்பத்தி செய்யும் முறைகளை நன்கு ஆராய்ந்து அவற்றின் தன்மையை உணர்ந்தார்கள். இவைகளுக்கெல்லாம் 'கேளாத ஒலி' என்று பெயர் இட்டார்கள்.

மின் துடிப்புகளை ஒலித் துடிப்புகளாகவும் ஒலித் துடிப்புகளை மின் துடிப்புகளாகவும் மாற்ற முடிவதை அறிந்தார்கள். இதன் பயனாக ஒலி சம்பந்தமாய் அநேக நூதன விஷயங்கள் கண்டுபிடிக்கப் பட்டன. இதற்கு நாம் ரேடியோ ஸெட்டில் உப

யோகித்து வரும் "தெர்மயானிக் வால்வ்" (Thermionic valve) அல்லது மின் உருத்தாழ் என்னும் கருவியே முக்கிய காரணமாயிற்று. இது தோற்றத்தில் மின்சார விளக்கைப் (Electric bulb) போல் இருக்கும். இதனால் மிகுந்த அடுக்கம் (Frequency) கொண்ட மின் துடிப்புகளை உற்பத்தி செய்வது சாத்தியமாயிற்று. இவற்றைச் சுலபமாக ஒலித் துடிப்புகளாக மாற்றிவிடலாம். மேலும் இக்கருவியைக் கொண்டு வெகு தூரத்துக்கு அப்பால் உள்ள ஒலியைப் பக்கத்திலிருந்து வரும் ஒலியைப்போல் மிகவும் தெளிவாகக் கேட்கச் செய்யவும் முடியும். எவ்வளவு க்ஷீணமான ஒலியையும் வேண்டுகிற அளவுக்குப் பேரொலியாக மாற்றமுடியும். உதாரணமாக, ஒருவனது இருதயத் துடிப்பின் ஒலியை ஒரு பெரும் சபையில் உள்ள ஜனங்கள் அனைவரும் ஒருங்கே கேட்கும்படியாகச் செய்துவிடலாம்.

மின் துடிப்புகளை ஒலித் துடிப்புகளாக மாற்றக் கூடிய சாதனத்தைச் சிறிது கவனிப்போம். பளிங்குக் கண்ணுடியில் "குவார்ட்ஸ்" (Quartz) என்று ஒரு விதம் உண்டு. இதில் ஒரு சில்லை எடுத்து இரண்டு உலோகத் தகடுகளுக்கிடையே பொருத்தி வைத்துக் கொண்டு, தகடுகளினிடையே ஒரு மின் மட்ட வேற்றுமையை (Electric potential difference) உண்டாக்கினால் சில்லின் நீளம் மாறுவதைக் கண்டார்கள். இந்த மாறுதல் மிகச் சிறிய அளவிலேயே ஏற்படுகிறது. தகடுகளுக்கிடையே ஏற்படுத்திய மின் மட்ட வேற்றுமை எப்பொழுதும் ஒரே முகமாக இராமல் மாறி மாறித் தொழிற்படும்படி செய்தால் சில்லின் நீளமும் அதற்குத் தகுந்தவாறு நீண்டு

சுருங்குவதைக் கண்டார்கள். ஒரு நிலையில் சில்லில் ஏற்படும் இந்தத் துடிப்புகள் அதிக வீச்சுடன் உண்டாவதைக் கண்டார்கள். மாறுமின் மட்ட வேற்றுமையின் (Alternating voltage) அடுக்கமும் அதாவது மின் துடிப்பின் அடுக்கமும் (Frequency) சில்லின் உடன் இயக்கத் துடிப்பின் அடுக்கமும் ஒன்றுபடும்போது இந்த நிலை ஏற்படுகிறது. அப்பொழுது சில்லின் துடிப்பு எண் லக்ஷக்கணக்காக அமைகிறது. இந்தத் துடிப்புகளினால் அருகிலுள்ள யானத்தில் (Medium) கேளாத ஒலி அலைகள் உண்டாகிப் பரவுகின்றன. இந்தச் சாதனத்தை, "குவார்ட்ஸ் துடிப்பகம்" (Quartz oscillator) என்று கூறுவார்கள். சில்லின் அகல நீளத்தைத் தக்கவாறு மாற்றி, அதன் துடிப்பு எண்ணை வேண்டுகிற அளவுக்குச் செய்து கொள்ளலாம்.

எனவே கேளாத ஒலி அலைகளை ஒரு யானத்தில் உற்பத்தி செய்வதற்கு முதலில் "தெர்மயானிக் வால்வ்" என்ற சாதனத்தைக் கொண்டு மிகுந்த அடுக்கமுள்ள மின் துடிப்புகளை உற்பத்தி செய்து, அந்த மின் துடிப்புகளைக் கொண்டு, "குவார்ட்ஸ் துடிப்பக"த்தில் உடன் இயக்கத் துடிப்புகளை உண்டாக்க வேண்டும் என்று அறியலாம். இந்தத் துடிப்பகத்திற்கு மற்றொரு குணம் உண்டு. அதாவது ஒரு துடிப்பகத்திலிருந்து கிளம்பிய கேளாத ஒலி அலைகள் அது போன்ற மற்றொரு துடிப்பகத்தின் மீது விழும்போது இரண்டாவது துடிப்பகத்தில் இந்த ஒலித்துடிப்புகள் மின் துடிப்புகளாக மாற்றப் படுவதைக் கண்டார்கள். கேளாத ஒலி அலைகள் பரவுவதை மற்றொரு துடிப்பகத்தைக் கொண்டு கண்டு

பிடித்துவிடலாம் என்பதை இதனால் அறியலாம். கேளாத ஒலி அலைகளைக் கண்டுபிடிக்கப் பிற சாதனங்களும் உண்டு. உதாரணமாக, இந்த அலைகள் ஒரு பொருளின்மீது விழும்போது உண்டாகும் அழுத்தத்தை (Pressure) அளப்பதனால் இவற்றைக் கண்டுபிடிக்கலாம். இனி இவற்றின் குணங்களை அறிவதற்காகச் செய்யப்பட்ட சில சோதனைகளைக் கவனிப்போம்.

ஒலி அலைகள் ஒரு யானத்தில் பரவும்போது குறிப்பிட்டதொரு கதியுடனேயே (Velocity) செல்லும். இந்தக் கதி யானத்திற்கு யானம் வேறுபட்டபோதிலும் ஒரே யானத்தில் நாம் கேட்கக் கூடிய எல்லாச் சுருதி ஒலிகளின் கதியும் ஒன்றாகவே இருக்கும். ஆனால் கேளாத ஒலி அலைகள் ஒரு யானத்தில் பரவும்போது அவற்றின் கதி சுருதிக்குத் தகுந்தவாறு மாறுவதைக் கண்டார்கள். முதலில் காற்று, கரியமிலவாயு இவற்றின் மூலமாகப் பரவும்போது ஏற்படும் கதி மாறுதல்களைச் சோதனை செய்து அறிந்தார்கள். பின்பு திரவங்கள் மூலமாக இவற்றைச் செலுத்தி அப்போது ஏற்படும் மாறுதல்களையும் அளந்தார்கள். இதற்கு இந்த அலைகளையும் ஒளி அலைகளையும் ஒருங்கே திரவத்தினுள் செலுத்திச் சோதனைகள் நடந்தன. இது சம்பந்தமாக, பங்களூரில் உள்ள டாடா சோதனைச் சாலையில் டாக்டர் பார்த்தசாரதி என்பவர் மெச்சத் தகுந்த சோதனைகள் நடத்தினார். இதன் விளைவாக, திரவங்களைப் பற்றிய அநேக விஷயங்கள் புதியனவாக அறியப்பட்டன. ஒலியைப் போலவே ஒளியும் அலைகளாகவே யானங்களில் பரவுவதை அறியலாம். ஒளி அலையின் அளவு நாம் கேட்கக்கூடிய ஒலிகளின் அலை அளவைக்காட்டிலும்

மிகக் குறைவாய் இருந்தபோதிலும், கேளாத ஒலி அலைகளுடன் ஒப்பிடும்போது ஒரே அளவினதாகவே இருக்கிறது. மேற் சொன்ன பார்த்தஸாரதி என்பவர், "தெர்மயானிக் வால்வ்", "குவார்ட்ஸ் துடிப்பகம்" முதலியவற்றை மின்சார இணைப்பில் தொகுத்துக்கொண்டு, அந்தத் துடிப்பகத்தை ஒரு கண்ணாடிப் பாத்திரத்தில் இருக்கும் திரவத்தினுள் முழுக்கி, திரவத்தில் கேளாத ஒலி அலைகளை உற்பத்தி செய்துகொண்டார். அதனோடு அந்தத் திரவத்தின் மூலமாகக் குறிப்பிட்ட அலை நீளமுள்ள ஒளிக்கற்றை ஒன்றைப் புகுத்தி, அதன் போக்கில் ஏற்படும் மாறுதல்களைத் தக்க சாதனங்களைக் கொண்டு அளந்தார். இவற்றிலிருந்து கேளாத ஒலி அலைகளின் கதியைக் கணக்கிட முடிந்தது. இம்மாறுதல்களின் அளவு கேளாத ஒலி அலைகளின் சுருதியின் மீதும், திரவத்தின் வழியாகச் செலுத்தப்பட்ட ஒளிக்கிரணத்தின் அலை நீளத்தின் மீதும் சார்ந்திருப்பதையும் கண்டார். எல்லாத் திரவங்களிலும் இம்மாதிரிச் சோதனைகள் நடத்தி அநேக முடிவுகளைக் கண்டார். இவற்றை எல்லாம் தொகுத்து இவற்றுக்கு உண்டான சித்தாந்தத்தை ஸர் சி. வி. ராமன் அவர்களே எடுத்துரைத்தார். இந்தச் சித்தாந்தத்திற்கு ராமன் நாகேந்திரநாத் சித்தாந்தம் என்று பெயர். இதனால் திரவங்களின் மூலக அமைப்பைப் பற்றிய பல விவரங்கள் தெரியவந்தன.

கேளாத ஒலி அலைகள் ஒரு ரசாயனச் சேர்க்கையின் மூலமாகச் செல்லும்போது அச்சேர்க்கையில் ஏற்படும் மாறுதல்கள் துரிதமாக நடைபெறுவதைக் கண்டார்கள். சில சேர்க்கைகளில் இவ்வொலி

அலைகள் விழுந்தாலன்றி ரசாயன மாறுபாடு ஒன்றும் ஏற்படாமல் இருப்பதையும் கண்டார்கள். தாவரங்களை அழிக்கும் சிறு கிருமிகளை இவ்வலைகளைக் கொண்டு அகற்ற முடிவதை அறிந்தார்கள். இவ்வாறாக இவ்வலைகளைக் கொண்டு விஞ்ஞானத்தின் எல்லாத் துறைகளிலும் சோதனைகள் செய்யப்பட்டு அவற்றின் குணங்கள் வெகுவாக அறியப்பட்டன.

கடைசியாக இவ்வலைகளினால் கப்பல் போக்குவரத்துக்கு ஏற்பட்ட நன்மையைப் பார்ப்போம். துறைமுகங்களை நாடி வரும் கப்பல்களுக்கு இராக்காலங்களில் பாதை தெரிவதற்காக நாலு பக்கங்களிலும் ஒளிக்கற்றையை வீசுவதற்குக் கலங்கரை விளக்கம் (Light house) என்ற அமைப்பு ஒன்று ஆங்காங்கே இருப்பதைக் கவனிக்கலாம். மூடு பனி இல்லாத காலங்களில் இந்தச் சாதனத்திலிருந்து வெளிவரும் ஒளிக்கற்றை பல மைல் தூரம் வரையில் தெரியும். ஆனால் பனி அதிகமாக விழும்போது இது பயன் அளிப்பதில்லை. அதற்காகத் துறைமுகங்களிலிருந்து பெரு முழக்கத்துடன் ஒலியை எழுப்பி அதைக் கொண்டு கப்பல் ஓட்டிகள் கரையை அறியுமாறு சாதனங்களை அமைத்தார்கள். முதலில் காற்றின் மூலமாக ஒலியைப் பரப்பினார்கள். காற்று நிலைத்திராமல் அசைவதனாலும், பவனத்தில் ஏற்படும் சூட்டு வேற்றுமைகளினாலும் ஒலியின் போக்கு அவ்வளவு திருப்திகரமாக இல்லாமல் இருப்பதை உணர்ந்து காற்றில் அனுப்புவதற்குப் பதிலாகக் கடல்நீரில் ஒலியை அனுப்பிப் பார்த்தார்கள். கடல் நீரில் ஒலியின் கதி காற்றில் இருப்பதைவிட ஐந்து மடங்கு அதிகம். ஒலி அலைகள் காற்றில் ஆவதைப்போல் கடல் நீரால் அதிகமாக

உறிஞ்சப்படுகிறதில்லை. எனவே, கடல்நீரில் அதிகச் சேதமில்லாமல் வெகு தூரம் ஒலி நன்கு பரவுவதை உணர்ந்து, இப்போது எச்சரிக்கையைக் கடல் நீரின் மூலமாகவே அனுப்பி வருகிறார்கள். இதற்குக் கேளாத ஒலியே பயன்பட்டு வருகிறது. ஆழத்தில் வரும் "ஸப்மரைன்"களின் (Submarines) போக்கை அறிவதற்கும் கடலிலுள்ள பனி மலைகளை அறிவதற்குங்கூட இந்தக் கேளாத ஒலியே பயன்படுகிறது.

இவற்றைக் கொண்டு கடலின் ஆழத்தையும் சுலபமாக அறிய முடிந்தது. இதன் தத்துவம் மிக எளிதாகும். கப்பலில் கேளாத ஒலியை உற்பத்தி செய்து, அது கடல்நீருக்குள் பரவி, கடலின் அடிப் பாகத்தில் மோதுண்டு பிரதிபலனம் ஆகித் திரும்பி வருவதைக் கவனித்து, இந்த இரண்டு நிகழ்ச்சிகளுக்கும் இடையே ஏற்பட்ட காலத்தை அளந்து, கணக்கியலால் கடலின் ஆழத்தைத் தெரிந்துகொள்ளலாம். இந்தச் சோதனைகளுக்கு இரண்டுவிதச் சாதனங்கள் கையாளப்பட்டு வருகின்றன. ஒன்றில் "லாங்கிவின்" (Langevin) என்பவரால் இயற்றப்பட்ட குவார்ட்ஸ் துடிப்பகத்தையும் ஒலியகத்தையும் (Detector) உபயோகிக்கிறார்கள். மற்றொரு முறையில் பிரிட்டிஷ் கப்பற்படைச் சாதனம் உபயோகப்படுகிறது. இந்தச் சாதனத்தின் அமைப்பு "குவார்ட்ஸ்" துடிப்பகத்தினின்றும் வேறுபட்டது. இதில் கேளாத ஒலி அலைகள் ஏற்படும் விதத்தைச் சற்றுக் கவனிப்போம். உறையிட்ட ஒரு கம்பிச் சுருள் வழியாக ஒரு மின் அருவி பாயும்போது அதனுள்ளே காந்தப் புலம் ஒன்று ஏற்படுவதை அறியலாம். இதில்

இரும்பு, நிக்கல் போன்ற உலோகக் கெட்டிக் கம்பி களை இட்டு அவற்றைக் காந்தச் சட்டங்களாகச் செய்வது வழக்கம். சுருளில் மின் அருவி ஒரே திசை யில் செல்லாமல் மாறி மாறிச் சென்றால், அதாவது சுருளில் மாறு மின்னோட்ட அருவி (Alternating current) பாய்ந்தால் அதனுள்ளே ஏற்படும் காந்தப் புலத்தின் திசையும் மாறிக்கொண்டே வரும். இதனால் உள்ளே இடப்பட்ட கம்பி துடிப்பதைக் கண்டார் கள். உடன் இயக்க விளைவில் ஒரு நிலையில் மிகுந்த அடுக்கமுள்ள துடிப்புகள் உண்டாகி, அருகிலுள்ள காற்றில் அந்தத் துடிப்புகள் ஒலி அலைகளை உற்பத்தி செய்கின்றன. இந்தத் தத்துவத்தைக் கொண்டு பிரிட்டிஷ் கப்பற்படைச் சாதனத்தில் நிக்கல் துடிப் பகம் என்பதை அமைத்துக் கேளாத ஒலி அலைகள் உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றன. இது போன்ற மற் றொரு சாதனத்தைக் கொண்டு அவை கண்டு பிடிக்கப்படுகின்றன. இதனால் கடல் விபத்துக்கள் வெகுவாகக் குறைந்தன என்று கூறப்படுகிறது.

18

காற்று வாத்தியங்கள்

இசைக் கருவிகளில் கம்பி வாத்தியங்களுக்கு அடுத்த படியாக எல்லாத் தேசத்தவர்களாலும் கொண்டாடப்படுவது காற்று வாத்தியங்களே ஆகும். இவை கம்பி வாத்தியங்களைக் காட்டிலும் மிகவும் பழமையானவை என்று கருதப்படுகின்றன. நம்மைக்காட்டிலும் மேனாட்டார்கள் இவற்றில் அனேக வகை வாத்தியங்களைக் கையாண்டு வருகிறார்கள். அவர்கள் சங்கீதத்தில் முக்கிய ஸ்தானத்தை வகித்துவரும் பாண்டு வாத்தியக் கோஷ்டியிலிருந்து இதை அறியலாம். புல்லாங்குழல், நாகசுரம் என்ற இரண்டு வாத்தியங்களை மட்டுமே நாம் அதிகமாகக் கையாண்டு வருகிறோம். கிருஷ்ணபரமாத்மா புல்லாங்குழலினால் பசுக்களையும் கோபிகளையும் மெய்ம் மறந்திருக்கும்படி செய்தார் என்று நம்மிடையே வழங்கிவரும் புராணக் கதையிலிருந்து புல்லாங்குழல் வாத்தியத்தை நாம் எவ்வளவு காலமாகக் கையாண்டு வருகிறோம் என்பதை அறியலாம். நம் முன்னோர்கள் இசைக் கருவிகள் எல்லாவற்றைக் காட்டிலும் மிகுந்த பக்தியுடன் போற்றி வந்தது இந்த வாத்தியத்தையே ஆகும். கோவில்களிலும் கல்யாணங்களிலும் நாம் கேட்டு ஆனந்தித்து வரும் நாகசுர வாத்தியத்தையும் புல்லாங்குழலைப் போலவே போற்றி வந்திருக்கிறார்கள். இதைப் பாமர ஜனங்களிடையே சங்கீத அறிவைப் பரப்புவதற்கு

என்று விட்டிருந்தபோதிலும், கர்நாடக சங்கீதத்தின் நுட்பங்கள் பலவற்றை நாம் விடாமல் கேட்டுக் கொண்டு வருவதற்கு, இந்த வாத்தியமே காரணமாய் இருக்கிறது என்று சிலர் எண்ணுகிறார்கள். காற்று வாத்தியங்களில் எவ்வாறு ஒலி உண்டாகிப் பெருக் கப்படுகிறது என்பதை அறியுமுன் காற்று நிரைக ளின் துடிப்பைப்பற்றிச் சிறிது விசாரிப்போம்.

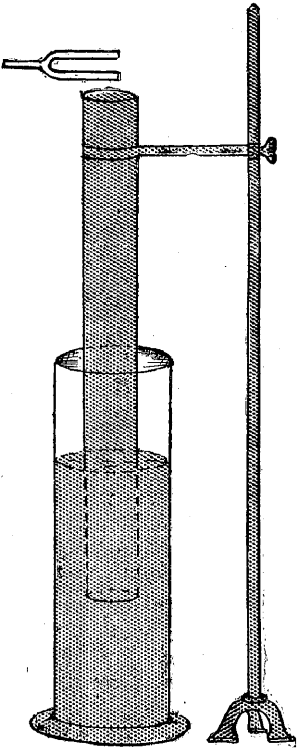
ஸைகிள் வண்டிகளின் சக்கர விளிம்புகளிலே உள்ள ரப்பர்க் குழாய்களுக்குக் காற்று அடிப்பதற் காகக் கையாளப்படும் நிறைவி (Pump)யை எல்லோ ரும் பார்த்திருக்கலாம். இந்த நிறைவியின் அடியி லுள்ள துவாரத்தை மூடிக்கொண்டு, இதிலுள்ள பீச் சாணை மேலிருந்து கீழே அழுத்தினால் அப்பொழுது பீச்சான் கீழே செல்ல முடியாமல் துள்ளி மேல் எழும்புவதைக் கவனித்திருக்கலாம். நிறைவியில் உள்ள காற்று வில் சுருளைப் (Spring coil) போல் நெகிழ்ச்சி வன்மை பெற்றிருப்பதை இந்தச் சோதனையி லிருந்து அறியலாம். நெகிழ்ச்சி வன்மையினால் ஒரு கம்பி துடித்து ஒலியை எழுப்புவதுபோல், காற்று நிரையும் துடித்து ஒலியை எழுப்பக் கூடும் என்று உணரலாம். இதற்கு ஓர் உதாரணத்தைக் கூறு வோம்.

சற்று நீண்ட கண்ணாடிக் குழல் ஒன்றை எடுத்து, அதன் ஒரு முனையை நம் கீழ் உதட்டுடன் சேர்ந்திருக்குமாறு வைத்துக்கொண்டு, அதன் விளிம்பை நோக்கி ஊதினால், குழாயிலிருந்து ஓர் ஒலி கிளம்புவதைக் கவனிக்கலாம். இந்த ஒலி குழாயினுள் இருக்கும் காற்று நிரையின் துடிப்புகளினால் ஏற்பட் டதே ஆகும். இதன் சுருதி காற்று நிரையின் நீளத்

திற்கு ஏற்றவாறு அமைந்திருக்கும். சற்று நீளம் குறைந்த மற்ருெரு குழாயை ஊதி இதை அறிந்து கொள்ளலாம். இப்படியே பல குழாய்களைக்கொண்டு சோதனைசெய்து குழாயின் நீளம் குறையும்பொழுது சுருதி உயர்வதையும் அறியலாம். குழாயின் வாய் அகன்ருே குறுகியோ இருப்பதனுல் குழாயினுள் இருக்கும் காற்று நிரையின் சுருதி பாதிக்கப்படாமல் இருப்பதையும் காணலாம்.

கம்பியைப் போலக் காற்று நிரையும் பல கண்டங்களாகத் துடிப்பதை உணர்ந்தார்கள். காற்று நிரை துடிக்கும்பொழுது குழாயின் நீளத்திற்கு உண்டான பிரதானத் துடிப்புடன் (Fundamental Vibrations) பல்வேறு பரிவாரத் துடிப்புகளும் சேர்ந்தே காணப்படும் என்றும் அறியலாம். இதனுல் காற்று நிரையிலிருந்து வெளிப்பட்ட ஒலியில் ஒரு பிரதானச் சுருதியோடு பல்வேறு பரிவாரச் சுருதிகளும் கலந்தே வரும் என்றும் தெரிந்து கொள்ளலாம். குழாய்களில் ஒரு புறம் திறந்த குழாய்கள் என்றும் (Closed pipes) இருபுறமும் திறந்த குழாய்கள் என்றும் (Open pipes) இருவகை உண்டு. ஒரு புறம் திறந்த குழாயிலிருந்து வெளி வரும் ஒலியில் பிரதானச் சுருதியுடன் ஒற்றைப்படையான பரிவாரச் சுருதிகளே (Odd harmonic) தோன்றுவதையும், இருபுறமும் திறந்த குழாயிலிருந்து வெளி வரும் ஒலியில் பிரதானச் சுருதியுடன் எல்லாப் பரிவாரச் சுருதிகளும் தோன்றுவதையும் சோதனையினுல் அறிந்தார்கள். ஒலியின் பண்பு இந்தப் பரிவாரச் சுருதிகள் சூழ்ந்திருப்பதைக் கொண்டே நிர்ணயிக்கப் படுவதால் இரண்டு வகைக் குழாய்களுக்கும் உண்டாகும் ஒலிப் பண்பு வேற்றுமையை உணரலாம். இந்தக்

குழாய்கள் ஒலியின் முழக்கத்தை அதிகரிக்கும் சாதனங்களாகவும் (Resonators) உபயோகப்படுகின்றன. இதை விளக்க ஒரு சோதனையைப் பார்ப்போம். இருபுறமும் திறந்த ஓர் அகன்ற கண்ணாடிக் குழாயின் ஒரு முனையைத் தண்ணீரில் முழுக்குக. குழாயின் வாயின் அருகே ஓர் இசைக் கவட்டைத் (Tuning fork) தட்டிப் பிடித்துக்கொண்டு நீரினுள் முழுகி நிற்கும் ஆழத்தைத் தக்கவாறு மாற்றினால் ஒரு நிலையில் குழாயிலுள்ள காற்று நிரையின் துடிப்பு எண்ணும் இசைக் கவட்டின் துடிப்பு எண்ணும் ஒன்றாகிக் குழாயிலிருந்து பெரு முழக்கத்துடன் ஒலி கிளம்புவதைக் கவனிக்க.



(குழாயிலுள்ள காற்றில் உடனியக்கம் உண்டாவதைக் காண்பிக்கும் சோதனைப் படம்.)

இனிமேல், காற்று வாத்தியங்களை எடுத்துக் கொள்வோம். அவற்றுள் தலை சிறந்து விளங்கும் புல்லாங்குழல் வாத்தியத்தை முதலில் எடுத்துக்கொண்டு அதன் அமைப்பு, ஒலியின் பண்பு முதலிய விவகாரங்

களைப்பற்றிச் சிறிது விசாரிப்போம். இது நம் நாட்டில் பெரும்பாலும் திரண்ட வடிவமுள்ள மூங்கில் குழாயினாலேயே செய்யப்படும். மேனாட்டார்கள் இதை வெள்ளி, பொன் முதலிய உலோகங்களாலும் கறுப்பு மரத்தாலும் (Ebonite) செய்கிறார்கள். இதன் குழாயின் ஒரு புறம் மட்டும் திறந்திருப்பதைக் கவனிக்கலாம். மூடிய முனைக்கு அருகே ஊதுவதற்கென்று இதில் அமைந்திருக்கும் துளையைக் கவனிக்கவும். இதை ஆங்கிலத்தில் 'மௌத் ஹோல்' (Mouth hole) - ஊது துளை என்று கூறுவார்கள். இதைத் தாண்டித் திறந்த முனைவரையில் தொடர்ச்சியாக இதில் வேறு துளைகளும் இருப்பதைக் கவனிக்கவும். இவற்றை விரல் துளைகள் என்பர்.

மேனாட்டார் கையாளும் வாத்தியங்களில் ஊது துளையும், மற்றத் துளைகளும் ஒரே அளவாக இருக்கும். ஆனால் நம் நாட்டு வாத்தியங்களில் ஊது துளை விரல் துளைகளைக் காட்டிலும் சற்றுப் பெரிதாகவே இருக்கும். விரல் துளைகளின் எண்ணிக்கை வாத்தியத்திற்கு வாத்தியம் வேறுபடுகிறது. தென்னிந்தியாவில் எட்டு விரல் துளைகள் கொண்ட வாத்தியத்தையே பெரும்பாலும் உபயோகித்து வருகிறார்கள். பல்லடம் சஞ்சீவி ராவ் அவர்கள் உபயோகிக்கும் வாத்தியத்தில் ஒன்பது விரல் துவாரங்கள் இருக்கின்றன. வாசிப்பதற்குக் குறைந்தது ஆறு துளைகள் இருந்தாலே போதுமானது. எனினும் நுட்பமாக வாசிப்பதற்குப் பின்னும் துளைகள் வேண்டியிருப்பதை உணர்ந்தார்கள். வாசிக்கும்பொழுது விரல்களினால் துளைகளை மூடித் திறக்க வசதி இருக்குமாறு வாத்தியத்தை

மட்டமாகப் பிடித்துக்கொண்டும், மூடிய முனைக்கு அருகிலுள்ள துளையின் விளிம்பைக் கீழ் உதட்டுடன் சேர்ந்திருக்குமாறு வைத்துக்கொண்டும் எதிர் விளிம்பில் படுமாறு வாயிலிருந்து காற்றை ஊதுவார்கள். வாயிலிருந்து வெளிப்படும் காற்றுப் பீறலும் குழாயினுள் இருக்கும் காற்று நிரையும் சேர்ந்து துடித்து இந்த வாத்தியத்தில் பெரு முழக்கத்துடன் ஒலியை எழுப்புகின்றன. எல்லாத் துளைகளையும் மூடிவிட்டால் துடிக்கும் காற்று நிரையின் நீளமும் குழாயின் நீளமும் ஏறக்குறைய ஒன்றாகிவிடும். ஊதும் துவாரத்திற்கும் குழாயின் திறந்த முனைக்கும் உள்ள தூரமே இப்பொழுது துடிக்கும் காற்று நிரையின் நீளமாகும். இருபுறமும் திறந்த குழாய்க்கு உண்டான துடிப்பையே எப்பொழுதும் காற்று நிரை மேற்கொள்ளும். இப்பொழுது வெளிப்படும் ஒலியின் சுருதியே வாத்தியத்தின் ஆதாரச் சுருதி ஆகும்.

விரல் துளைகளை மூடித் திறப்பதனால் மேளகர்த்தாக்களுக்கு உண்டான ஸ்வரங்களைப் பிடிக்க முடிகிறது. எவ்வாறு இந்த வாத்தியத்தில் ஒலி எழும்புகிறது என்பதைப்பற்றி இப்பொழுது சற்று விவரமாக ஆராய்வோம். வெகுநாள் வரையில் "ஹெல்ம்ஹோல்ஷ்" (Helmholtz) என்ற விஞ்ஞானி கூறிய சித்தாந்தத்தையே மேற்கொண்டிருந்தார்கள். இவர், விளிம்பை நோக்கி ஊதப்படும் காற்றுப் பீறலை ரீடுக்கு (Reed) ஒப்பிட்டு, அது குழாயினுள் இருக்கும் காற்று நிரையின் துடிப்பு எண்ணுக்குத் தக்கவாறு துடிப்பதாகக் கூறினார். எனவே காற்று நிரையில் உடன் இயக்கம் ஏற்பட்டுப் பெரு முழக்கத்துடன் ஒலி கிளம்புவதாகக் கருதினார். தற்காலம் இவருடைய

சித்தாந்தம் தவறு என்று கைவிடப்பட்டு வேறு சித்தாந்தம் விஞ்ஞானிகளிடையே வழங்கி வருகிறது. அதை இப்பொழுது விளக்குவோம்.

ஓடும் வாய்க்காலில் ஒரு குச்சியைச் செங்குத்தாக நீரினுள் முழுக்கிக்கொண்டிருந்தால் குச்சியின் பக்கத்தில் இரு புறங்களிலும் நீர்ச் சுழிகள் ஏற்படுவதையும் சற்று நேரத்தில் அவை கலைந்து நீருடன் போவதையும் கவனிக்கலாம். கலைந்து செல்லும் போது இந்தச் சுழிகள் மாறி மாறிக் குச்சியை அசைத்து ஆட்டிச் செல்லும். இதைப் போலவே காற்றிலும் ஏற்படுகிறது. இரண்டு தந்தி மரங்களின் இடையேயுள்ள கம்பியைத் தாண்டி, காற்றுச் செல்லும்போது, கம்பிக்கு அருகிலுள்ள காற்றில் சுழிகள் ஏற்படுகின்றன. இதனுல் கம்பி உடன் இயங்கித் துடித்து ஒலியை எழுப்புகிறது. இந்த ஒலிதான் தந்திமரங்களின் அடியில் கேட்கிறது. இதே நிகழ்ச்சிதான் புல்லாங்குழலிலும் ஏற்படுகிறது. ஊதும் துவாரத்தின் விளிம்பில் காற்றுப் பீறல் மோதுவதால் காற்றில் சுழிகள் ஏற்பட்டுக் கலைகின்றன. இவற்றின் பொழுதும் (Period of eddies) குழாயின் உள்ளிருக்கும் காற்று நிரையின் துடிப்புப் பொழுதும் ஒன்றுபட்டு வாத்தியத்திலிருந்து முழக்கத்துடன் ஒலி உண்டாகிறது. நாம் ஊதும் காற்றின் வலிமையை அதிகரிப்பதனுல் குழாயில் உள்ள காற்றுநிரையின் பிரதானத் துடிப்பை இரண்டு மடங்காகவோ மூன்று மடங்காகவோ செய்யலாம்.

வாத்தியக்காரர்கள் ஏன் கீழ்ஸ்தாயியில் வாசிக்கும்போது காற்றுக்கு வலிமை குறைவாகவும் மேல் ஸ்தாயியில் வாசிக்கும்போது வலிமை அதிகமாகவும்

கொடுக்கிறார்கள் என்பதை இப்பொழுது அறியலாம். மேனாட்டார்கள் விரல்துளைகளை மூடித் திறப்பதற்கு ஒரு சாதனத்தைக் கையாளுகிறார்கள். ஹார்மோனியம், பியானோ வாத்தியங்களைப்போல் கமகம் இல்லாமல் ஸ்வரங்களைப் பிடிப்பதற்காகவே இந்தச் சாதனத்தை மேற் கொண்டிருக்கிறார்கள். ஆனால் நம் நாட்டில் வாத்தியக்காரர்கள் விரல்களின் உதவியால் தான் துளைகளை மூடித் திறக்கிறார்கள். இதனால்தான் கமகங்களுடன் ஸ்வரங்களை வாசிக்க முடிகிறது. இனிமேல் இந்த வாத்தியத்தின் ஒலிக்கு உண்டான பண்பைச் சிறிது கவனிப்போம். இதன் ஒலிக்கு உண்டான துடிப்பை விஞ்ஞானிகள் படம் பிடித்துச் சோதனைகள் நடத்தி, இதன் ஒலியில் மிகக் குறைவான பரிவாரச் சுருதிகளே இருப்பதைக் கண்டார்கள். இந்தப் பரிவாரச் சுருதிகள் வாத்தியம் செய்யப்பட்ட பொருள்மீதும் குழாயின் சுற்றளவின்மீதும் சார்ந்திருப்பதைக் கண்டார்கள். சுற்றளவு சிறியதாய் இருக்கும்போது, ஒலியில் இன்னும் சில பரிவாரச் சுருதிகள் தோன்றுவதைக் கண்டார்கள். தோன்றினும் அவை வன்மை அற்று இருப்பதை உணர்ந்தார்கள்.

புல்லாங்குழல் நாதத்தில் பரிவாரச் சுருதிகள் மிகக் குறைவாகவும் வன்மையற்றும் இருப்பதனாலேயே பிற வாத்தியங்களைக் காட்டிலும் இதன் ஒலி மிருதுவாக அமைந்திருக்கிறது என்று கருதுகிறார்கள். பெரும்பாலும் இந்த வாத்தியத்தின் ஒலியில் ஒன்று அல்லது இரண்டு பரிவாரச் சுருதிகளே இருக்கின்றன. இதன் நாதத்திற்குத் தேனைப் போன்ற ஒரு கவர்ச்சி உண்டு. இந்த வாத்தியத்தில் மத்தியமகால, திரிகால சங்கதிகள் வாசித்துக் கேட்க உத்ஸாகமாய் இருக்கும்.

பல்லடம் சஞ்சீவிராவ் ராகம் வாசிக்கும்போது கீழ் ஸ்தாயி மேல்ஸ்தாயி இரண்டிலும் அடுத்தடுத்து வாசித்துக்கொண்டே வந்து கடைசியில் இரண்டை யும் ஒன்று சேர்ப்பதைக் கேட்டு ஆனந்திக்காதவர்கள் இருக்கமாட்டார்கள். காலஞ்சென்ற சரப சாஸ்திரிகள் வாசித்ததைக் கேட்டுப் பரவசம் ஆகாதவர்கள் கிடை யாது என்றுகூடச் சொல்லுவார்கள். பக்தி சங்கீதத் திற்கும் சோக ரசத்திற்கும் இந்த வாத்தியத்தின் நாதம் தனி உரிமை பெற்றிருக்கிறது என்று கூறினுல் அது மிகையாகாது.

காற்று வாத்தியங்களில் மற்றொரு வகையான ரீடு வாத்தியங்களை இப்பொழுது எடுத்துக் கொள் வோம். குழாய்களுடன் ரீடைச் சேர்த்து இவ்வகை வாத்தியங்கள் வாசிக்கப்படும். ஒலி உண்டாகும் விஷ யத்தில் புல்லாங்குழல் போன்ற வாத்தியங்களுக்கும் இவற்றுக்கும் வித்தியாசம் உண்டு. இவற்றில் காற்றுப் பீறலும் காற்று நிரையும் சேர்ந்து துடிப்ப தற்குப் பதிலாக, ரீடும் காற்றுநிரையும் சேர்ந்து துடிக் கின்றன. ரீடு வாத்தியங்களில் ஒற்றை ரீடு வாத்தி யங்கள் என்றும், இரட்டை ரீடு வாத்தியங்கள் என் றும் இருவகை உண்டு. புல்லாங்குழல் போன்ற வாத்தியங்களுக்கும் இவற்றுக்கும் உள்ள மற்றொரு வித்தியாசத்தைப் பார்ப்போம். பெரும்பாலும் இந்த வாத்தியங்களின் குழாய்கள் கூர் உருளை வடிவமாக இருக்கும். ஆனுல் மேனுட்டார்களின் கிளாரினெட் வாத்தியத்தின் குழாய் திரண்ட வடிவமாய் இருப்ப தைக் கவனிக்கலாம். இதில் ஒற்றை ரீடே உபயோ கப்படுகிறது. அவர்களால் மிகவும் கொண்டாடப் படும் ரீடு வாத்தியம் இதுவே ஆகும். இந்த வாத்தியக்

குழாய்களை மரத்திலோ உலோகத்திலோ செய்வார்கள். அவர்கள் நாகசுரத்தைப் போன்ற இரட்டை ரீடு வாத்தியங்களையும் உபயோகிக்கிறார்கள். அவற்றில் 'ஓபோ' என்ற வாத்தியத்தை முக்கியமாகக் குறிப்பிடவேண்டும். இப்பொழுது ரீடு வாத்தியங்கள் எல்லாவற்றிற்கும் உதாரணமாக நம்முடைய நாகசுர வாத்தியத்தை எடுத்துக்கொண்டு அதன் அமைப்பு, அதன் ஒலியின் பண்பு முதலியவற்றின் விவரங்களைக் கவனிப்போம்.

இந்த வாத்தியம் தென்னிந்தியாவிலேயே அதிகப் பிரபலமாய் இருப்பதைக் கவனிக்கலாம். இதில் குழாய் கூர் உருளை வடிவம் கொண்டிருப்பதையும் கூரிய முனையில் ரீடு செருகப்பட்டிருப்பதையும் பார்க்கலாம். இதைப் பெரும்பாலும் ஆச்சாமரம் என்ற மரத்தாலேயே செய்வது வழக்கம். வெள்ளி, தங்கம் இவற்றில் செய்த வாத்தியங்களைக் காட்டிலும் மர நாகசுரத்தையே அதிகமாகக் கையாளுவார்கள். இதன் அடியில் வாய் அகன்ற மற்றொரு குழாய் சேர்க்கப்படும். இதை வேண்டும்பொழுது கழற்றி விடலாம். வாத்தியத்தின் நீளம் ஆதாரச் சுருதிக்குத் தக்கவாறு அமைந்திருக்கும். குழாய்களிலுள்ள காற்று நிரைகளின் துடிப்புகளைப் பார்க்கும்பொழுது நீளமான குழாய்கள் குறைந்த சுருதியையும் குட்டையான குழாய்கள் மிகுந்த சுருதியையும் பெற்றிருக்கும் என்று பார்த்தோம். சுருதி அதிகமாய் உள்ள நாகசுர வாத்தியங்கள் குட்டையாயும் சுருதி குறைவாய் உள்ள வாத்தியங்கள் நீளமாயும் இருப்பதை உணரலாம். குட்டை நாகசுரங்களைத் திமிறி நாகசுரங்கள் என்று கூறுவார்கள். திமிறி நாகசுரங்

களை வாசிப்பது கஷ்டம். காலஞ்சென்ற செம்மனார் கோவில் ராமசாமி பிள்ளை, 6, $6\frac{1}{2}$ கட்டைச் சுருதி யுள்ள திமிறி நாகசுரத்தைத்தான் வாசிப்பது வழக்கம். தற்காலம் பிரபலமாய் இருக்கும் திருவெண் காடு சுப்பிரமணியன் 2 கட்டைச் சுருதி கொண்ட நாகசுரத்தையே கையாளுவதைக் கவனிக்கலாம்.

புல்லாங்குழலைப்போல இந்த வாத்தியங்களில் மேளகர்த்தாக்களின்படி ஸ்வரங்களைப் பிடிக்க விரல் துளைகள் இருப்பதைப் பார்க்கலாம். இதில் ஒரே வரிசையில் எட்டுத் துவாரங்களும் சற்று விலகிக் குழாய் அடியின் இருபுறத்திலும் இரண்டு இரண் டாக நான்கு துவாரங்களும் ஆக மொத்தம் 12 துவா ரங்கள் இருப்பதைக் கவனிக்கலாம். சுருதிக்காக இத்துடன் சேர்ந்து வாசிக்கப்படும் ஒத்து வாத்திய மும் இதைப்போலவே அமைந்திருப்பதையும் அதில் விரல் துளைகள் இல்லாமல் இருப்பதையும் பார்க்க லாம். ஒத்து வாத்தியத்தின் அடிப்பாகத்தின் வாய் அகலம் நாகசுரத்தைவிடக் குறைவாக இருப்பதைக் காணலாம்.

இனி இந்த வாத்தியங்களில் சேர்க்கப்படும் ரீடைப்பற்றி விசாரிப்போம். இது ஒருவகைப் பிரம் பில் செய்யப்பட்ட சிறியதொரு நறுக்கு. முதலில் இதை உருண்டை வடிவமாய் எடுத்துக்கொண்டு, பின்பு சப்பட்டையாகச் செய்து, இதன் அடியில் நரம்பை இறுகக் கட்டிவிடுவார்கள். நறுக்கின் நெடு கச் சிறு சந்து தோன்றும். சப்பட்டையான பாகத் தை மேல் உதடு கீழ் உதடுகளினால் கவ்விக்கொண்டு ஊதினால், நறுக்கிலுள்ள சந்தின் வழியாக அந்தக் காற்று வெளிவர, நறுக்கின் பக்கங்கள் துடித்து

ஒலியை எழுப்புகின்றன. சந்து சிறியதானுல் குறைந்த அளவுக்குக் காற்றை அனுப்பினுல் போதும். சந்து பெரியதானுல் காற்றை அதிகமாக அனுப்ப வேண்டும். நறுக்கு நன்ருகத் துவளும் தன்மையைப் பெற்றிருந்தால் வாசிப்பதற்குச் சௌகரியமாக இருக்கும். இதற்காகப் பல நறுக்குகள் சேர்ந்த கொத்து ஒன்று வாத்தியத்தில் கட்டித் தொங்குவதைக் கவனிக்கலாம். நறுக்கின் சந்தை அவ்வப்போது சரிப்படுத்திக்கொள்ளக் கூரானதொரு தந்த ஊசியையும் சேர்த்துக் கட்டிக் கொள்வார்கள். இப்பொழுது இதில் ஒலி உண்டாகும் விதத்தைக் கவனிப்போம்.

ரீடைச் செருகி அதை உதடுகளினுல் கவ்விக் கொண்டு கைவிரல்கள் துளைகளை மூடித் திறக்க வசதியாய் இருக்குமாறு பிடித்துக்கொண்டு, காற்றை லேசாக அனுப்புவார்கள். இதனுல் நறுக்கின் பக்கங்கள் துடிக்கும். துடிப்பதால் நறுக்கிலுள்ள சந்து மூடித் திறக்கப்படுகிறது. இவ்வாறு துடிக்கும் போது குழாயிலுள்ள காற்று நிரையின் சுருதியை நறுக்கும் மேற்கொள்ளுகிறது. எனவே பெரு முழக்கத்துடன் ஒலி எழும்புகிறது. இதில் குழாய் கூர் உருளை வடிவம் கொண்டிருந்தபோதிலும் அதன் காற்று நிரையின் துடிப்பில் எல்லாப் பரிவாரச் சுருதிகளும் கலந்து வருகின்றன. மர நாகசுரத்தின் ஒலியில் இருப்பதைக் காட்டிலும் வெள்ளி, தங்கம் இவற்றில் செய்த நாகசுரங்களின் நாதத்தில் அதிகப் பரிவாரச் சுருதிகள் அமைந்திருக்கும். இதுபோன்ற வாத்தியங்களின் ஒலியைச் சோதித்துப் பார்த்ததில் பரிவாரச் சுருதிகள் அதிக வன்மையுடன் வெளிவருவதைக் கண்டார்கள். இதனுல்தான் இவ்வாத்தியத்தின்

நாதம் விறுவிறுப்பாக இருக்கிறது. வெகு தூரத்தி லும் இவ்வாத்தியத்தைக் கேட்பதிலிருந்து இதன் நாதத்தின் பெருமுழக்கத்தை உணரலாம். இதன் நாதம் மிருதுவாய் இராமல் விறுவிறுப்பாகவும் முழக் கத்துடனும் இருப்பதனால் சிலர் இந்த வாத்தியத்தை விரும்பமாட்டார்கள். இதனாலேயே இந்த வாத்தி யத்தில் பிடிக்கும் பிடிப்புக்களை வாய்ப்பாட்டு வித்து வான்கள் பாடும்போது 'நாகசுர வழி' என்று இழி வாய்க் கூறுவதும் உண்டு. வாசிக்கும்பொழுது உதடு களினால் ரீடைக் கவ்வும் மாதிரியையும் வாயை வைத் துக்கொள்ளும் விதத்தையும் நன்றாகப் பயின்று நம் சங்கீதத்திற்கு வேண்டிய கமகங்களையும் கார்வைகளை யும் பிரயோகிக்கக் கற்று, நாகசுர வித்துவான்கள் மணிக் கணக்காக ராகங்களை வாசிப்பார்கள். மேனாட் டார்கள் கையாளும் ஓபோ வாத்தியத்தில் விரல் துளை களை மூடித் திறக்க ஒரு சாதனத்தை இயற்றியிருக் கிறார்கள். அவர்கள் சங்கீதத்திற்கு ஸ்வரங்களை அசைவில்லாமல் பிடிக்கவேண்டி யிருப்பதால்தான் இந்தச் சாதனத்தை மேற்கொண்டிருக்கிறார்கள். நாகசுரத்தின் ஒலிப்பண்பைப்போல் இதன் ஒலிப் பண்பும் அமைந்திருக்கிறது.

மேல்நாட்டார்களின் ஆர்க்கெஸ்ட்ரா என்கிற வாத்திய கோஷ்டிகளில் சிறியனவும் பெரியனவுமாக இவ்வகையைச் சேர்ந்த அநேக வாத்தியங்கள் இருப்ப தைக் காணலாம். பல ஸ்தாயிகளில் வாசிப்பதற் கென்று வாத்தியங்களை இயற்றியிருக்கிறார்கள். இவற் றில் நாகசுரம், ஓபோ போன்ற வாத்தியங்களில் உள்ள ரீடுகளுக்குப் பதிலாக மேல் உதடு, கீழ் உதடு இரண்டையும் ரீடுபோல வைத்துக்கொண்டு ஒலியை

எழுப்புகிருர்கள். இந்த வாத்தியங்கள் எல்லாவற்றி லும் குழாய்களை மடக்கி வளைந்து செல்லுமாறு அமைந்திருப்பதைக் காணலாம். வாத்தியத்திலுள்ள குழாயின் நீளத்தை மாற்றுவதற்குப் பீச்சான்களைக் கொண்டுள்ள சாதனம் ஒன்றை இயற்றியிருக்கிருர் கள். இந்த வாத்தியங்களின் ஒலியிலும் அநேக பரி வாரச் சுருதிகள், அதிக முழக்கத்துடன் வெளிப்படுவ தையும் விஞ்ஞானிகள் கண்டார்கள். ஒலி, குழா யின் கனத்தையும் அதன் வாய் அகலத்தையும் பொ றுத்திருப்பதையும் கண்டார்கள். இவ்வாறு சோதனை கள் நடத்தி எல்லா வகைக் காற்று வாத்தியங்களின் ஒலிக்கும் உண்டான பண்பை அறிந்திருக்கிருர்கள்.

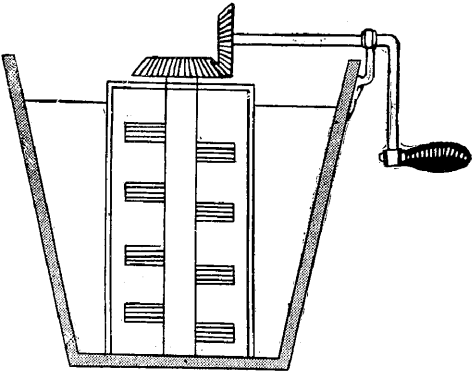
குளிர்விக்கும் விதங்கள்

திரவப் பொருளாகிய தண்ணீர் காய்ச்சப்பட்டால் நீராவியாக மாறிவிடுகிறது. குளிரச் செய்தால் பனிக்கட்டியாக மாறிவிடுகிறது. இத்தகைய தன்மையை ஏறக்குறைய எல்லாப் பொருள்களிடத்தும் காணலாம். இரும்பு, பொன், செம்பு முதலிய உலோகங்கள் நன்ருகக் காய்ச்சப்பட்டால் உருகித் திரவம் ஆகிவிடும். அவற்றைப் பின்னும் காய்ச்சி ஆவியாகவும் மாற்றலாம். இவ்வாறே நீரகவாயு (Hydrogen), பிராணவாயு (Oxygen) முதலிய வாயுப் பொருள்களைக் குளிர்வித்துத் திரவங்களாகவும் பின்னும் குளிர்வித்துத் திடப்பொருள்களாகவும் மாற்றலாம். பொருள்களுக்கு உண்டான திட, திரவ, வாயு என்னும் மூன்று நிலைகளும் ஒன்ருேடொன்று சம்பந்தப்பட்டிருப்பது புலனுகும். பொருள்களின் நிலை மாறும்போது அவற்றினிடம் காணப்படும் சில நடவடிக்கைகளைப்பற்றிச் சிறிது கூறுவோம். உதாரணமாக, ஒரு பாத்திரத்தில் தண்ணீரைக் காய்ச்சினுல் அதன் சூடு உயர்ந்து சென்று நூறு டிகிரி (சென்டிகிரேட் திட்டம்)யில் நின்றுவிடுகிறது. பின்னர் அது உட்கொள்ளும் வெப்பமெல்லாம் நீரை ஆவியாக மாற்றும் தொழிலில் ஈடுபடுகிறது. ஒரு கிராம் (Gram) நிறையளவு நீரை ஆவியாக மாற்றுவதற்கு உட்கொள்ளப்படும் வெப்பத்தின் அளவைக் கரவு வெப்பம் (Latent heat) என்பார்கள்.

இதன் அளவு திரவத்திற்குத் திரவம் மாறுபடும். இதைப்போலவே பனி இளகும் நிலையிலும் ஏற்படுகிறது. பனிக்கட்டித் துணுக்குகளைச் சூடு செய்தால் அதன் சூடு பூஜ்ஜிய டிகிரியிலேயே நிற்பதைப் பார்க்கலாம். துணுக்குகள் எல்லாம் உருகும் வரையில் இச்சூடு நிலைத்திருக்கும். இப்பொழுது ஒரு கிராம் நிறையளவு பனிக்கட்டியை நீராக மாற்றுவதற்குச் செலவழிக்கப்படும் வெப்பத்தை இதன் கரவு வெப்பம் (Latent heat) என்று சொல்லுவார்கள். இந்தக் கரவு வெப்பம் பொருள் திடநிலையிலிருந்து திரவ நிலைக்கு மாறும்போது உட்கொள்ளும் வெப்பம் என்றும், முன்னர்க் கூறிய கரவு வெப்பம் பொருள் திரவ நிலையிலிருந்து ஆவியாக மாறும்போது உட்கொள்ளும் வெப்பம் என்றும் உணரலாம். தண்ணீரைப் போலவே எல்லாப் பொருள்களுக்கும் உருகு நிலைக் கரவு வெப்பமும் கொதிநிலைக் கரவு வெப்பமும் உண்டு. ஒரு பொருளின் உஷ்ண நிலை (Temperature) திடநிலையில் குறைவாகவும் திரவநிலையில் அதைவிட உயர்வாகவும் ஆவிநிலையில் பின்னும் உயர்வாகவும் இருக்கும் என்பதை அறியலாம்.

பனிக்கட்டியின் உஷ்ண நிலையாகிய பூஜ்ஜிய டிகிரிக்கும் குறைந்த சூட்டைப் பெற அநேக வழிகள் இருக்கின்றன. அவற்றுள் சிலவற்றை இந்தக் கட்டுரையில் கவனிப்போம். ஒரு பாத்திரத்தில் பனிக்கட்டித் துணுக்குகளை எடுத்து அவற்றில் கொஞ்சம் உப்பைச் சேர்த்தவுடன் அக்கலவையின் உஷ்ணநிலை பூஜ்ஜிய டிகிரியிலிருந்து குறைந்துகொண்டே போவதை ஓர் உஷ்ணமானியைக் கொண்டு பார்க்கலாம். நாம் முடிவாக அடையும் சூடு சேர்க்கப்படும் உப்பின் அள

வைப் பொறுத்திருக்கும். இது எவ்வாறு ஏற்படு கிறது என்பதைச் சற்று விளக்குவோம். முதல் முதலில் பனிக்கட்டித் துணுக்குகளுடன் சிறிது நீரும் சேர்ந்தே இருக்கும். அந்த நீரில் நாம் சேர்த்த உப்புக் கரைய ஆரம்பிக்கிறது. உடனே துணுக்குகளும் நீராக மாறுகின்றன. உப்புக் கரைவதற்கு வேண்டிய வெப்பத்தையும், பனிக்கட்டியைத் திரவம் ஆக்கு வதற்கு வேண்டிய வெப்பத்தையும் கலவையிலிருந்தே பெற வேண்டியிருப்பதால் கலவை குளிர்ந்து கொண்டே போகிறது. சாதாரணமாக நாம் வீடு களில் உபயோகிக்கும் ஐஸ்கிரீம் செய்யும் கருவிகளில் இந்த முறையைத்தான் பயன்படுத்துகிறோம்.



படம் 1

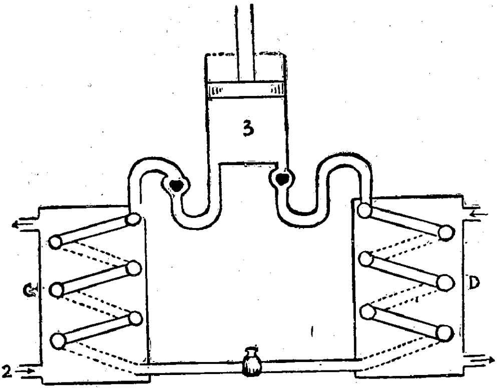
அந்தக் கருவியில் இரண்டு கலங்கள் இருப்பதைப் பார்க்கலாம். உள்ளிருக்கும் கலத்தினுள் ஒரு தண்டு செங்குத்தாக நிற்கும். அதன் பக்கங்களிலிருந்து சிறு

துடுப்புகள் நீட்டிக்கொண்டிருக்கும். காய்ச்சின பாலோடு சர்க்கரை, பவுடர் முதலியவற்றைச் சேர்த்து அதை உட்கலத்தில் ஊற்றுவார்கள். உட்கலத்திற்கும் வெளிக்கலத்திற்கும் இடையே பனிக்கட்டித் துணுக்கு களையும் பொடித்த உப்பையும் போடுவார்கள். பிறகு உட்கலத்திலுள்ள தண்டைச் சுழற்றுவார்கள். சில கருவிகளில் தண்டு நிலைத்திருந்து உட்கலம் மட்டும் சுழலுமாறு வைக்கப்பட்டிருக்கும். வெளிக்கலத்தி லுள்ள உப்பும் பனிக்கட்டித் துணுக்குகளும் நன்றாகக் கலந்து உப்புக் கரைய ஆரம்பிக்கும். இதனால் குளிர்ச்சி உண்டாகிறது. இந்தக் குளிர்ச்சி உட்கலத்தி லுள்ள பாலைக் குளிர்விக்கிறது. சில சுற்றுகள் ஆன வுடன் பால் முற்றும் குளிர்ந்து உறைந்துவிடும். அப்புறம் சுற்ற முடியாமல் போய்விடும். இப்படி உறைந்த பாலுக்குத்தான் ஐஸ் கிரீம் என்று பெயர்.

மற்றொரு முறையைப் பார்ப்போம். வேர்க்கும் போது விசிறிக்கொண்டால் நமது தேகம் குளிர்ச்சி அடைவதை உணரலாம். வேர்வை ஆவியாக மாறித் தேகத்தைக் குளிரச் செய்கிறது. இதைப் போலவே எந்தத் திரவமும் ஆவியாக மாறும்போது குளிர்ந்து விடுகிறது. ஒரு திரவத்தின் ஆவியின்மீது இறுக் கத்தை (Pressure)ப் பிரயோகித்து அதைத் திரவ மாக மாற்றிவிடலாம். ஆனால் பிராண வாயு (Oxygen), நீரகவாயு (Hydrogen), காலக வாயு (Nitrogen) போன்றவற்றை இவ்வாறு இறுக்கத்தை மட்டும் பிரயோகித்துத் திரவம் ஆக்கிவிட முடியாது. அவை ஒவ்வொன்றையும் முதலில் அவற்றிற்குரிய தொரு சூட்டை அடையுமாறு குளிரவைத்து, அதன் பின்னரே இறுக்கத்தைப் பிரயோகித்து அவற்றைத்

திரவம் ஆக்க முடியும். ஒவ்வொரு வாயுவிற்கும் சிறப்பியல்பான இந்தச் சூட்டிற்கு அவதிச்சூடு (Critical Temperature) என்று பெயர். இந்தச் சூட்டிற்குக் கீழேதான் இறுக்கத்தை மட்டும் பிரயோகித்து அந்த வாயுவைத் திரவப்படுத்த முடியும். ஆவி ஆதலினால் ஏற்படும் குளிர்ச்சியையும் இறுக்கத்தைப் பிரயோகித்து ஆவியைத் திரவமாக்கும் நிகழ்ச்சியையும் உபயோகித்துத் தட்ப யந்திரங்கள் (Refrigerators), பனிக்கலங்கள் முதலியன செய்யப்படுகின்றன. இவற்றில் அமோனியா, கரி-இரு-தீயதை(Carbon-di-oxide), கந்தக-இரு-தீயதை (Sulphur-di-oxide)என்னும் திரவங்களில் ஒன்று உபயோகப்படுகிறது. அமோனியா எனப்படும் நவச்சார ஆவியைப் பத்து டிகிரி சென்டிகிரேட் சூட்டில் ஆறு பவன (6 atmospheres) இறுக்கத்தைக் கொண்டு திரவப்படுத்தி விடலாம். கரி-இரு-தீயதையைப் பதினைந்து டிகிரி சென்டிகிரேட் சூட்டிலே ஐம்பத்திரண்டு-பவன-இறுக்கத்தைக் கொண்டு திரவப்படுத்தலாம். கந்தக-இரு-தீயதையைப் பதினெட்டு டிகிரி சென்டிகிரேட் சூட்டில் மூன்று-பவன இறுக்கத்தைக் கொண்டு திரவப்படுத்தலாம்.

எந்த வாயுவைக் கையாண்டாலும் ஓர் இறைவியி (Pump)னால் இறுக்க வேண்டும். இந்த இறைவி ஒரு நீராவி என்ஜினைக் கொண்டாவது மின்சார மோட்டாரைக் கொண்டாவது இயக்கப்படும். வாயுவை இறுக்கியவுடன் அதன் சூடு உயரும். இந்த வாயுவைக் கொண்டிருக்கும் குழாய்களைச் சூழ்ந்து ஓடும் தண்ணீர் அருவி இந்த வெப்பத்தை உட்கொண்டு வாயுவின் சூட்டைத் தணிக்கும்.

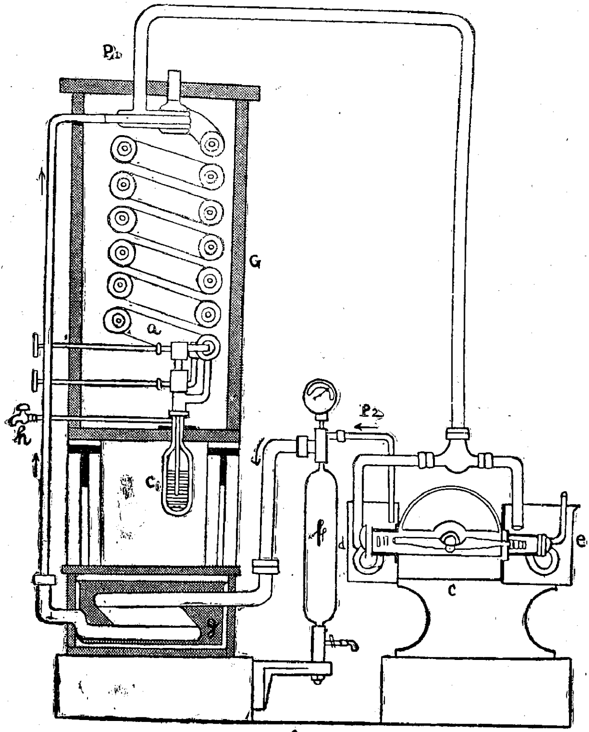


படம் 2

வேண்டியவரையில் சூடு தணிந்தவுடனே வாயு இறுகித் திரவமாய்விடும். இதனால் வெளியிடப்படும் கரவு வெப்பமும் தண்ணீர் அருவியால் கொண்டு செல்லப்படும். உறைப்பான-சுதைய-பாசிதைக் கரைநீரிலே (Concentrated Calcium Chloride Solution) அமிழ்ந்துள்ள குழாய்ச் சுருள்கள் வழியாக இந்தத் திரவம் ஓடும். இந்தக் கரைநீர் பூஜ்ஜியம் டிகிரி சென்டிகிரேட் சூட்டின் கீழ் இறுகுவதில்லை. இக் குழாய்ச் சுருள்களிலே ஓடும்போது இறைவி உறிஞ்சுதலினாலேயே இந்தத் திரவம் ஆவியாகிவிடும். இதனால் ஏற்படும் குளிர்ச்சி, சுதைய-பாசிதைக்-கரைநீரைக் குளிரச் செய்கிறது. இந்தக் கரைநீர் ஒரு தொட்டியிலே சென்று நிரம்பும். அந்தத் தொட்டியிலே வைக்கப்பட்டுள்ள சதுர வடிவமான தகரக் கிண்ணங்களிலே நிறைந்திருக்கும் தண்ணீரும் உறைந்து பனிக்கட்டி

ஆகிவிடுகிறது. பனி அறைகளிலே குளிர்ந்த சுதைய-பாசிதைக்-கரைநீர் மேற் கூரையை அடுத்துள்ள பல குழாய்களின் வழியாகச் சுற்றி ஓடும். குளிர்ந்த காற்று கனமானதாகையால் அது கூரையின் அடியிலிருந்து கீழே இறங்கி அறையைக் குளிரச் செய்யும். சில நவீனப் பனிக்கலங்களிலே கந்தக-இரு-தீயதை வாயுவே கையாளப்படுகிறது.

இவற்றின் செயல் முறைத் தத்துவத்தைப் படத்திலிருந்து உணரலாம். படத்தில் பனிக்கட்டி செய்யும் கருவியின் பாகங்கள் காட்டப்பட்டிருக்கின்றன. (படம் 2) இடது பக்கத்திலுள்ள C என்னும் பாத்திரத்தினுள் 1 என்னும் குழாய் வழியாக நீர் அருவி உட்செல்லும். 2 என்னும் குழாய் வழியாக அருவி வெளியே வரும். C என்னும் பாத்திரத்தினுள் உள்ள குழாய்களுக்குள் நவச்சார வாயு 3 என்னும் இறைவியினால் இறுக்கப்படும். இதனால் இது திரவமாக மாறுகிறது. 4 என்பது ஒரு-வழிக் கதவு. இதன் வழியாகச் சிறிது சிறிதாக அந்தத் திரவத்தை வலது பக்கத்திலிருக்கும் வளைந்த குழாய்களுக்குள் செலுத்தலாம். திரவம் குழாய்களுக்குள் சென்றவுடன் இறைவியினால் உறிஞ்சப்பட்டு ஆவியாக மாறும். அதனால் குழாயும் குழாயைச் சுற்றியுள்ள R என்னும் பாத்திரமும் அதனுள் சென்று வெளிவரும் சுதைய-பாசிதைக்-கரைநீரும் குளிர்ந்துவிடும். இந்த நீர் பூஜ்ஜிய டிகிரி செண்டிகிரேட் சூட்டுக்குக் கீழே சில டிகிரிகள் குளிர்ந்தாலும் உறைவதில்லை என்று முன்பே கூறினோம். இந்தப் பாத்திரத்தினுள் வேறொரு கலம் வைக்கப்பட்டிருக்கும். இந்தக் கலத்தில் நல்ல தண்ணீர் இருக்கும். இந்தக் கலத்தைச் சூழ்ந்து குளிர்ந்த



படம் 3

உப்புக்-கரைநீர் இருப்பதால் கலத்திலுள்ள நல்ல நீர் குளிர்ந்து உறைந்து பனிக்கட்டி ஆகிவிடுகிறது. இறைவியினுல் உறிஞ்சப்பட்ட நவச்சார வாயு இடது பக்கத்துக் குழாய்களுக்குள் மறுபடியும் அமுக்கப்பட்டுத் திரும்பவும் உபயோகப்படுகிறது.

தட்ப யந்திரங்களில் மற்ருெரு வகை உண்டு. இவற்றின் செயல் முறைக்கு உண்டான தத்துவம் வேருெரு பௌதிக உண்மையை அடிப்படையாகக் கொண்டிருக்கிறது. ஜூல் (Joule), தாம்ஸன் (Thomson) என்ற இரு விஞ்ஞானிகள் வாயுக்களைப் பல்வேறு இறுக்கங்களுக்கு உட்படுத்தி ஒரு குழாயின் மூலமாக அனுப்பிஞர்கள். இந்தக் குழாயின் நடுவே பஞ்சு, தூவி போன்ற பொருள்களை இட்டு அவற்றின் மூலமாக இறுக்கி அனுப்பப்பட்ட வாயுக்கள் செல்லுமாறு செய்தார்கள். அவற்றைத் தாண்டி வெளிவரும்போது வாயுக்கள் ஒவ்வொன்றின் சூடும் பல் வேறு அளவுக்குக் குறைவதைக் கண்டாகள். இந்தச் சம்பவத்தை ஜூல்-தாம்ஸன் நிகழ்ச்சி என்பார்கள். இந்த உண்மையை ஆதாரமாகக் கொண்டு சில தட்ப யந்திரங்கள் செய்யப்பட்டிருக்கின்றன. அவற்றில் லிண்டே (Linde) இயற்றிய தட்ப யந்திரத்தின் செயல் முறையை விளக்குவோம். இதன் அமைப்பைப் படத்தில் பார்க்க.

(படம் 3) L என்ற குழாயின் வழியாகக் காற்று C என்ற இரட்டை இறைவியின் உள்ளே செல்லும். இந்த இரட்டை இறைவியில் ஒன்று C என்றும் மற்ருென்று D என்றும் படத்தில் குறிப்பிட்டிருக்கிறது. முதலில் C என்ற இறைவியில் உட்புகுந்த காற்று, இருபத்திரண்டு பவன இறுக்கத்திலிருந்து அறுபத்தைந்து பவன இறுக்கம் வரையில் அமுக்கப்படுகிறது. இதிலிருந்து P என்ற குழாயின் வழியாக F என்ற பாத்திரத்திற்குள் செல்லுகிறது. அங்கே அதன் ஈரம் முற்றும் நீக்கப்பட்டு G என்ற குழாய்ச் சுருளுக்குச் செல்லுகிறது. Gயைச் சுற்றிப் பனிக்கட்டி இருப்ப

தால் காற்று, பூஜ்ஜிய டிகிரி சென்டிகிரேடுக்குக் குளிர்ந்துவிடுகிறது. அங்கிருந்து G என்ற பாத்திரத்திலுள்ள இரட்டைச் சுவர் கொண்ட சுருளில் உட்குழாய் வழியாகச் செல்லுகிறது. இந்தக் குழாய்ச் சுருளைத் தூவி, பஞ்சு முதலிய பொருள்கள் சூழ்ந்திருக்கின்றன. எனவே வெளியிலிருந்து வெப்பம் குழாயினுள் செல்ல முடியாது. உட்குழாயின் வழியாகச் சென்ற காற்று அடியிலுள்ள A என்னும் ஒருவழிக் கதவு மூலமாய்ச் சுருளிலுள்ள வெளிக் குழாய்க்குச் செல்லும்போது அதன் இறுக்கம் அறுபத்தைந்து பவன இறுக்கத்திலிருந்து இருபத்திரண்டு பவன இறுக்கத்துக்குக் குறைகிறது. எனவே காற்று பூஜ்ஜிய டிகிரிக்குக் கீழே பதினொரு டிகிரி வரையில் குளிர்ந்து வெளிக்குழாயின் மேல் ஏறுகிறது. உட்குழாயின் மூலமாய்க் கீழிறங்கும் காற்றை மேல் ஏறும் காற்று குளிரச் செய்கிறது. அதுபோலவே மேல் ஏறும் காற்றின் சூட்டை உட்குழாயில் செல்லும் காற்று உயர்த்துகிறது. உட்குழாயில் பின்வரும் காற்று A என்னும் ஒருவழிக் கதவை அடையும்போது பின்னும் குளிர்விக்கப்படுகிறது. மேலே சென்ற காற்று P என்ற குழாயின் வழியாக இறைவிக்கு மறுபடியும் செல்லுகிறது. அங்கே இறுக்கப்பட்டுத் திரும்பவும் உபயோகப்படுகிறது. A என்னும் ஒருவழிக் கதவைத் தாண்டிச் செல்லும்போது உண்டாகும் குளிர்ச்சி வரவர அதிகரித்துக்கொண்டே சென்று ஒரு நிலையில் காற்று திரவமாக மாற்றப்படுகிறது. அப்போது C என்னும் கலத்தில் அந்தத் திரவம் ஏற்கப்படுகிறது. அதை H என்னும் குழாயின் வழியாக 'டீவார்' கலங்களில் (Diwar flasks) நாம் நிரப்பிக்கொள்ள

லாம். காற்று திரவமாகும்போது நாம் அடையும் சூடு பூஜ்ஜியத்தின் கீழே நூற்றுத்தொண்ணூறு டிகிரி இறங்கிவிடுகிறது. இதைப் போலவே நீரகம் ஹீலியம் முதலிய வாயுக்களையும் திரவப்படுத்தி வருகிறார்கள். இன்னும் ஒரு படியும் சென்றுவிட்டார்கள். ஹீலிய திரவத்தைப் பின்னும் குளிர்வித்துக் கட்டிப் பொருளாகவும் மாற்றிவிட்டார்கள்.

காவேரி நதியும் மின்சார உற்பத்தியும்

ஒரு தேசம் மேன்மை அடைவதற்கு வேண்டிய இயற்கைச் செல்வம் பலவகைப்படும். முக்கியமாக உணவுப் பொருள்கள் உற்பத்தி செய்வதற்கு வேண்டிய நீர்ப்பாசன வசதிகளைப் பெற்ற தேசங்களே பிற தேசங்களைக் காட்டிலும் சிறந்தவை. இத்தகைய நாடுகளில் நம் இந்தியா தேசமும் ஒன்று. நம் நாட்டில் அநேக ஜீவ நதிகள் இருக்கின்றன. பருவக் காற்றுகளினுல் தக்க காலங்களில் மழை பெய்து இவ்வாறுகள் பெரும்பாலனவற்றில் எப்பொழுதும் ஜலவசதி இருந்துகொண்டே இருக்கும். இதன் பயனுகவே நம் முன்னோர்கள் பிற தொழில்களை விட்டு விவசாயத்தையே மேற்கொண்டு வந்திருக்கிறுர்கள். ஆறுகள் எங்கெங்கே இருக்கின்றனவோ அங்கங்கே ஜனநெருக்கம் இருந்துவருவதை உணரலாம். சில காலங்களில் மழை இல்லாமல் வறட்சியும் சில சமயம் வெள்ளம் அதிகத்தால் சேதமும் ஏற்படுவதுண்டு. இவற்றுல் பயிர்களுக்கு உண்டாகும் கேடுகளை நிவர்த்தி செய்ய முடியாமல் முன்னோர்கள் திகைத்துக் கடவுளையும் வருணபகவானையும் தொழுது ஒருவாறு மனத்தைத் தேற்றி வந்தார்கள். தற்காலம் ஏற்பட்டிருக்கும் விஞ்ஞான வளர்ச்சியின்

பயனாக இக்கெடுதல்களை நிவர்த்திசெய்து பயிர்த் தொழிலைக் காத்து வருகிறார்கள். இது காறும் தரி சாய்க் கிடந்த நிலங்கள் வெகுவாகச் சாகுபடி செய் யப்பட்டு வருகின்றன. இந்த ஆறுகளைக் கொண்டு மின்சாரத்தையும் ஆங்காங்கே உற்பத்தி செய்து வருகிறார்கள். தென்னிந்தியாவில் உள்ள காவேரி நதியைப் பற்றியும் அதைக்கொண்டு மின்சாரத்தை உற்பத்தி செய்வதைப் பற்றியும் இந்தக் கட்டுரை யில் கவனிப்போம்.

காவேரி நதி குடகு நாட்டில் மேற்குத் தொடர்ச்சி மலையில் உற்பத்தியாகிறது. இதன் உற்பத்தி ஸ்தானம் சமுத்திர மட்டத்துக்குச் சுமார் நாலாயிரம் அடிக்குமேல் உள்ளது. தென்மேற்குப் பருவக் காற்றி னால் ஏற்படும் மழைதான் இந்த ஆற்றின் பிரவாகத் திற்குக் காரணமாகும். இந்த நதி குடகு ராஜ்ஜியத்தில் சுமார் முப்பது மைல் ஓடி மைசூர் ராஜ்ஜியத்தில் பிர வேசிக்கிறது. இந்த நதி மைசூர் ராஜ்ஜியத்திலிருந்து சேலம் ஜில்லாவின் வழியாகச் சென்று, திருச்சி தஞ்சா வூர் ஜில்லாக்களில் பாய்ந்து வங்காளக் குடாவில் கலக்கிறது. காவேரி, மைசூர் ராஜ்ஜியத்தில் சுமார் 120 மைல் ஓடி, சிவசமுத்திரம் என்னும் இடத்தில் நீர் வீழ்ச்சியாக விழுகிறது. சிறிது தூரம் மலைப் பிர தேசங்களில் ஓடி, சேலம் ஜில்லாவின் மேட்டூருக்குச் சமீபத்தில் சமவெளியை அடைகிறது. இங்கேதான் காவேரி நதியின் குறுக்கே இரண்டு மலைகளின் நடு வில் அணை ஒன்று கட்டப்பட்டிருக்கிறது. இதைக் கட்டுவதற்குச் சென்னை அரசாங்கத்தார் சுமார் ஏழு கோடி ரூபாய் செலவழித்தார்கள். கட்டுவதற்கு ஆறு வருஷத்துக்கு மேல் ஆயிற்று. இதைக் கட்டும்

பொழுது யந்திரங்களை ஓட்டுவதற்கும் கல் முதலிய வற்றை உடைப்பதற்கும் வேண்டிய மின்சார ஆற்றலை மைசூர்ச் சிவசமுத்திர நிலயத்திலிருந்து வாங்கிக் கொண்டார்கள். இந்த அணையைப் பற்றிய விவரங்களைச் சிறிது கூறுவோம்.

அஸ்திவாரத்திலிருந்து இதன் சராசரி உயரம் இருநூற்றுப் பதினைந்து அடி. அடியிலிருந்து மேலே செல்லச் செல்ல இதன் அகலம் குறைந்து கொண்டே போகிறது. அடியில் இதன் அகலம் நூற்று எழுபது அடி; உச்சியில் அகலம் இருபது அடி. இதன் நீளம் ஒரு மைல். உலகிலுள்ள எல்லாக் கல்சுவர் அணைகளைக் காட்டிலும் இதுவே மிகப் பெரியது என்று கூறப்படுகிறது. மேட்டூருக்குச் செல்லும் ஒவ்வொருவரும் இத்தகைய பிரம்மாண்டமான சுவரைக் கண்டு வியப்படையாமல் இருக்கமாட்டார்கள். இதனால் ஏற்படும் நீர்த் தேக்கத்தின் விஸ்தீரணம் சுமார் அறுபது சதுர மைல் என்று கணக்கிட்டிருக்கிறார்கள். நிறையத் தண்ணீர் தேங்கி இருக்கும்போது அணையின் அருகில் நூற்று அறுபத்தைந்து அடி ஆழத்துக்குத் தண்ணீர் நிற்பதைக் கண்டார்கள். அணையின் ஒரு கோடியில் அதன் அடியில் வாய்க்கால் கட்டி இருக்கிறார்கள். அதன் மூலமாகத் தண்ணீர் அணையைத் தாண்டி வெளியே வருகிறது. வெளிவரும் தண்ணீரின் அளவைக் கட்டுப்படுத்துவதற்கு வேண்டியபடி உடைப்புகள் அமைத்திருக்கிறார்கள். அணையின் மற்றொரு கோடியில் மின்சாரத்தை உறபத்தி செய்வதற்கு வேண்டிய நீர் வசதியைப் பெறுவதற்கு, அணையின் அடியில் நான்கு குழாய்களின் வழியாகத் தண்ணீர் பீறிட்டுக்கொண்டு

வருமாறு செய்திருக்கிருர்கள். அணையின் அருகி லேயே மின்சார நிலயத்தைக் கட்டியிருக்கிருர்கள். இதிலிருந்து வெளிப்படும் ஜலமும் வாய்க்காலின் வழி யாக வரும் ஜலமும் ஒன்று சேர்ந்து அணை கட்டு வதற்குமுன் காவேரி சென்ற திசையிலேயே செல்லு கிறது. முக்கியமாகத் திருச்சி, தஞ்சாவூர் ஜில்லாக் களுக்கு இந்த அணையினுல் அநேக நன்மைகள் ஏற் பட்டிருக்கின்றன. வட கிழக்குப் பருவக்காற்றினுல் உண்டாகும் மழை சில சமயம் பிந்திப் போவதாலும் சில சமயம் அதிகமாகப் பெய்வதாலும் பயிர் கெட்டு விடுவதுண்டு. அக்கெடுதல்கள் நீங்கிச் சீராக எப் போதும் விவசாயத்துக்கு வேண்டிய ஜல வசதி அணை ஏற்பட்ட பிறகுதான் உண்டாயிற்று. தரிசாகக் கிடந்த நிலங்களில் அனேக ஏக்கராக்கள் வளம் பெற்றன. எல்லாவற்றைக் காட்டிலும் முக்கிய மாகப் பெருத்த அளவில் மின்சாரத்தை உற்பத்தி செய்வதற்கு ஏற்பட்டுள்ள வசதியைத்தான் குறிப் பிட வேண்டும்.

சுமார் நூற்றைம்பது வருஷ காலமாக விஞ் ஞானம் அடைந்திருக்கிற வெற்றி நம் வாழ்க் கையை முற்றும் மாற்றிவிட்டது. நம் வேலைகளில் பெரும்பாலனவற்றை நீராவி, மின்சார யந்திரங் களைக் கொண்டே நடத்தி வருகிறோம். முதலில் நீராவி யந்திரங்களுக்கு வேண்டிய நிலக்கரியைப் பெற்ற நாடுகளே வியாபாரத்தில் முன்னணியில் நின் றன. தற்காலம்,மின்சார வசதியுள்ள நாடுகளே முன் னணியில் நிற்கின்றன. எல்லாக் காரியங்களுக்கும் இப்பொழுது மின்சாரமே உபயோகப்பட்டு வருகி றது. ஆலைகளில் யந்திரங்கள் ஓட்டுதல், நெசவு செய்

தல், கல் உடைத்தல், தண்ணீர் இறைத்தல் இவை போன்ற காரியங்கள் மின்சார சக்தியைக் கொண்டே தான் நடைபெற்று வருகின்றன. பெருத்த அளவில் மின்சார சக்தியை உற்பத்தி செய்யக் கூடிய வசதிகளுள் நீர்வீழ்ச்சி அல்லது நீர்த் தேக்கத்திஞல் உற்பத்தி செய்யும் வசதியே மிகவும் சிறந்தது என்று கண்டார்கள். இம்முறைக்கு வேண்டிய பணச் செலவு மிகவும் சொற்பம். அமெரிக்கா ஐக்கிய நாடுகளிலும், கானடாவிலும் நீரின் விசையால் மின்சார சக்தியை அபரிமிதமாய்த் தயாரிக்கிருர்கள். நம் நாட்டில் ஆறுகளுக்கும் நீர்வீழ்ச்சிகளுக்கும் குறைவில்லை. இருந்தபோதிலும் நமக்கு இருக்கிற வசதியில் நூற்றுக்கு ஒரு பாகங்கூட உபயோகப்படவில்லை. இந்தக் குறையை உணர்ந்து சமீபத்தில்தான் ஆங்காங்கு மின்சார நிலயங்களை இயற்றிவருகிருர்கள். தென் இந்தியாவில், சிவசமுத்திரம் நீர்வீழ்ச்சியைப் பயன்படுத்தி ஏற்பட்ட மின்சார நிலயமே முதலில் நிறுவப்பட்டது. பிறகு நீலகிரி ஜில்லாவில் உள்ள பைக்காரா என்ற நதியின் உதவியைக் கொண்டு பைக்காரா மின்சார நிலயம் ஸ்தாபிக்கப்பட்டது. மேட்டூர் அணை கட்டி முடிந்தவுடன் மேட்டூரில் ஓர் உற்பத்திச் சாலையை சென்னை அரசாங்கத்தார் கட்டி இருக்கிருர்கள். திருக்குற்ருலத்துக்கு அருகிலுள்ள பாபநாசத்தில் ஒரு ஸ்தாபனமும், திருவாங்கூர் ராஜ்ஜியத்திலுள்ள பள்ளிவாசலில் ஒரு ஸ்தாபனமும் ஏற்பாடாகிக் கட்டி முடிந்தாய்விட்டன. மேட்டூர் நிலயத்தை விவரிக்குமுன் பெருத்த அளவில் மின்சார உற்பத்தி செய்வதற்குண்டான பௌதிக தத்துவத்தைச் சிறிது விளக்குவோம்.

மின்சாரத்தை உண்டாக்கும் கருவிக்கு "டைன்மோ" என்று பெயர். இதில் பெரிய மின் காந்தச் சட்டங்களால் காந்தப் புலம் உண்டாக்கப்படு கிறது. இந்தக் காந்தப் புலத்தில் அடை (Armature) என்ற ஓர் அமைப்புச் சுழலும். பல கம்பி வளையங்க ளின் சேர்க்கையைத்தான் அடை என்று சொல்லுவார் கள். இந்த அடை காந்தப் புலத்தில் சுழலும்போது கம்பிச் சுருள்கள் காந்தப் புலத்திலுள்ள வரைகளை (Line of force) வெட்டிக்கொண்டு சுழல்வதால் அவற்றில் ஊட்ட அருவி (Induced Current) தோன் றும். அடை ஒரு முழுச் சுற்றுச் சுற்றுவதற்குள் இந்த அருவியின் திசை இரண்டு முறை மாறிவிடும். ஒரே முகமாக அடை சுற்றிக்கொண்டே போகும்போது அதில் தோன்றும் அருவியும் திசை மாறி மாறி ஓடிக் கொண்டிருக்கும். அருவியின் திசை மாறி மாறி ஓடி வருவதால் இதற்கு மாறு மின் ஓட்ட அருவி (Alternating current) என்று பெயர். இந்த அருவியின் வலிமை காந்தப் புலத்தின் பலத்தையும் முக்கியமாக அடை சுழலும் வேகத்தையும் பொறுத்திருக்கும். பெரிய டைனமோக்களில் இந்த அருவியை உண்டாக் கும் மின் இயக்கச் சக்தி (Electro motive force) ஆயிரக்கணக்கான 'வோல்ட்' களாக இருக்கும். இவ் வாறு பெற்ற ஆற்றலைத்தான் கம்பிகளின் மூலமாகப் பல ஊர்களுக்கு அனுப்பி அங்கங்கே காரியங்களை நடத்திவருகிறார்கள். டைனமோ வேலை செய்வதற்கு அடையின் இயக்கம் முக்கியம் என்பதை முற்கூறியதி லிருந்து உணரலாம். இந்த இயக்கத்தை நீர்வீழ்ச்சியி னுலோ நீர்த் தேக்கத்தினுலோ பெறலாம். இதைத் தவிர வேறு வழிகளும் உண்டு.

உதாரணமாக நீராவிச் சக்தி, எண்ணெய்ச் சக்தி இரண்டையும் பயன்படுத்தலாம். நீராவியை உபயோகிக்கும்போது நீராவியைக் குறுகிய வாயுள்ள குழாய்களின் மூலமாகப் பீறிட்டு வரச்செய்து அடையுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும் பல்சக்கர உருளைகளின் (Turbines) மீது மோதச்செய்வார்கள். நிலக்கரி எளிதில் கிடைக்காத இடங்களில், 'குரூட் ஆயில்' என்னும் எண்ணெயின் ஆவியால் ஓட்டப்படும் என்ஜின்களோடு பூட்டி அடையைச் சுழலச் செய்வார்கள். ஆறுகள் மிகுந்திருக்கும் நாடுகளில் மேற்கூறிய முறைகளைக் காட்டிலும் நீர்ச் சக்தியினுல் அடையின் இயக்கத்தைப் பெறுவதே லாபகரமாகும். இந்த முறையைத் தான் மேட்டூர் மின்சார நிலயத்தில் கையாண்டிருக்கிறுர்கள்.

மேட்டூரில் காவேரி ஆற்றின் நீரைத் தேக்கி அணை கட்டியிருக்கும் விதத்தை முதலில் பார்த்தோம். அதன் ஒரு கோடியில் அணையின் அடியிலிருந்து நான்கு குழாய்களின் வழியாக ஜலம் பீறிட்டுக் கொண்டு வருமாறு அமைத்திருக்கிறுர்கள். அணையை அடுத்துள்ள ஒரு கட்டிடத்தில் டைனமோக்களை அமைத்திருக்கிறுர்கள். ஏக காலத்தில் நான்கு டைனமோக்களை ஓட்டுவதற்குத்தான் அணையின் அடியில் நான்கு குழாய்கள் வைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இப்போது மூன்று டைனமோக்களே ஸ்தாபிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. சண்டை முடிந்ததும் நான்காவது டைனமோவும் ஸ்தாபிக்கப்படும். அவற்றுள் இரண்டு டைனமோக்களே எப்பொழுதும் ஓடிக்கொண்டிருக்கின்றன. ஒன்று சரியாக வேலை செய்யாவிட்டால் அதை நிறுத்திவிட்டு மூன்ருவதை உபயோகித்துக்

கொள்ளுகிறார்கள். அணையிலிருந்து நீரைப் பெரிய எஃகுக் குழாய்களின் வழியாகக் கொண்டுவருகிறார்கள். இந்தக் குழாய்களின் விட்டம் எட்டரை அடி. ஒவ்வொன்றையும் ஆறு அடி விட்டமுள்ள இரண்டு கிளைகளாகப் பிரித்துக்கொண்டு இவற்றின் மூலமாகச் செல்லும் நீர், அடையுடன் இணைக்கப்பட்டு அதன் இருபுறமும் உள்ள பல்சக்கர உருளைகளைத் (Turbines) தாக்குமாறு செய்து வெளியே கொண்டுபோகிறார்கள். உருளைகளைத் தாக்கும் நீரின் விசை அணைக்கு அப்புறத்தில் தேங்கி நிற்கும் தண்ணீரின் உயரத்தைப் பொறுத்திருக்கும். நிறையத் தண்ணீர் நிற்கும் காலங்களில் குழாய்களுக்குமேல் நூற்றைம்பது அடிக்கு நீர் நிற்கும். கோடைக் காலத்தில் இந்த உயரம் எண்பது அடிக்குக் குறைந்துவிடுகிறது. இந்த நீரின் அமுக்கத்தினால்தான் குழாய்களின் வழியாகத் தண்ணீர் பீறிட்டுக்கொண்டு வெளிவருகிறது. சிவசமுத்திரம், பைக்காரா முதலிய இடங்களில் உள்ள மின்சார நிலயங்களுக்கும் இதற்கும் வித்தியாசம் உண்டு.

அவ்விடங்களில் ஏற்படும் நீர்வீழ்ச்சியினால் பல்சக்கர உருளைகளைச் சுழலச் செய்கிறார்கள். இவ்விடங்களில் உள்ள டைனமோக்களுக்கு இம்பல்ஸ் (Impulse) டைனமோக்கள் என்று பெயர். மேட்டூரில் உள்ள டைனமோவுக்கு ரீஆக்ஷன் (Reaction) டைனமோ என்று பெயர். சிவசமுத்திரத்தில் நீர்வீழ்ச்சிக்கு மேலே இரண்டு மைலுக்கு அப்பால் வாய்க்காலைப் பிரித்து நீர்வீழ்ச்சிக்குக் கீழே அரை மைல் தூரத்துக்கு அப்பால் மறுபடியும் ஆற்றுடன் சேர்த்துவிடுகிறார்கள்.

நீர் வீழ்ச்சிக்குக் கீழே சிறிது தூரத்தில் மின்சார உற்பத்திச் சாலையைக் கட்டி இருக்கிறார்கள். நீர்வீழ்ச்சிக்கு மேலேயுள்ள வாய்க்காலிலிருந்து வரும் நீர், குழாய்களின் வழியாக நானூறு அடி கீழே விழுந்து உற்பத்திச் சாலையிலுள்ள பல்சக்கர உருளைகளைச் சுழற்றுகிறது. பைக்காராவிலும் இப்படித்தான் அடை சுழற்றப்படுகிறது. சிவ சமுத்திரம் உற்பத்திச் சாலையிலிருந்து மின்சார சக்தியைப் பங்களூர், மைசூர், கோலார் முதலிய இடங்களுக்குக் கொண்டுபோகிறார்கள். அந்த நகரங்களில் விளக்குகளுக்குவேண்டிய மின் ஆற்றலை உபயோகிப்பதல்லாமல் பஞ்சாலைகளுக்கும், நெசவுச்சாலைகளுக்கும், தங்கச் சுரங்கங்களுக்கும் ஆற்றலைப் பயன்படுத்தி வருகிறார்கள். பைக்காராவில் உள்ள மின்சார உற்பத்திச் சாலையிலிருந்து கோயம்புத்தூர், மதுரை முதலிய இடங்களில் உள்ள பஞ்சாலைகளுக்கும் திருநெல்வேலி, தென் மலையாளம் முதலிய இடங்களுக்கும் சக்தியைக் கொண்டுபோகிறார்கள். மேட்டூர் மின்சார நிலயத்திலிருந்து சேலம், திருச்சி, தஞ்சாவூர், தென்னார்க்காடு, வடஆர்க்காடு முதலிய இடங்களுக்கு மின்சார சக்தி கொண்டுபோகப்படுகிறது. தென்னிந்தியாவில் பெரிய ஆலைகளும் யந்திர ஸ்தாபனங்களும் இவ்வளவு காலம் ஏற்படாத காரணம் அவற்றுக்கு வேண்டிய ஆற்றல் மலிவாகக் கிடைக்காததுதான். மேட்டூர், பைக்காரா மின்சார நிலயங்கள் ஏற்பட்ட பிறகு மின்சார சக்தியை உபயோகித்து அனேக ஆலைகள் ஆங்காங்கே நிறுவப்பட்டிருக்கின்றன. மேட்டூரைச் சுற்றிப் பல தொழிற்சாலைகள் ஏற்பட்டிருக்கின்றன. சுத்தமான தண்ணீரும் குறைந்த விலைக்கு மின்சார

ஆற்றலும் கிடைப்பதனுல் மேட்டூரில் அனேக ரசாயனப் பொருள்களை இப்பொழுது செய்துவருகிருர்கள். பஞ்சாலைகளும் நெசவாலைகளுங்கூட இங்கே இருக்கின்றன. மேட்டூருக்குச் சமீபத்தில் ஏராளமாகக் காலி இடங்கள் இருப்பதனுலும் ரயில் வசதி இருப்பதனுலும் இன்னும் அனேக பொருள்களை உற்பத்தி செய்வதற்கு வேண்டிய யந்திரங்களையும் இயற்றிக் கொள்ளலாம். காகிதம் செய்வதற்கு வேண்டிய மூலப்பொருளும் அருகில் கிடைக்கிறது. அதற்கு வேண்டிய தண்ணீரும் ரசாயனப் பொருள்களும் இங்கேயே கிடைப்பதனுல் அனேக காகிதச் சாலைகளும் இங்கே நிறுவப்படலாம். சமீபத்தில் "மேட்டூர் பேப்பர் இண்டஸ்ட்ரி" என்று ஒரு தொழிற்சாலையைத் துவக்கி இருக்கிருர்கள். இதுபோலவே இன்னும் பல காரியங்களுக்கும் அனேக ஆலைகள் இங்கே நிறுவப்பட்டுத் தென்னிந்தியாவின் செல்வம் விருத்தி பெறுவதற்கு இடம் இருக்கிறது.

21

படிகங்கள்

திடப் பொருள்கள் எல்லாம் தமக்கென ஒரு குறிப்பிட்ட உருவமும் பருமனும் கொண்ட பொருள்களாகும். ஒரே பருமன் கொண்ட பல பொருள்களின் நிறை வெவ்வேருக இருக்கும். பொருள்களெல்லாம் அணுக்களால் ஆனவை. ஆதலின் இந்த நிறை வேற்றுமை அணுக்களின் நெருக்கத்தினுல் ஏற்பட்டதே ஆகும். அணுக்களிடையே உள்ள கவர்ச்சி சக்திகள் பொருளுக்குப் பொருள் வேறுபடும். ஒரு பொருளில் இந்தக் கவர்ச்சி சக்திகளின் வலிமை குறைவாக இருந்தால் அந்தப் பொருளை வெகு சுலபமாக நசுக்கிப் பொடியாக்கிவிடலாம். வலிமை மிகுந்திருந்தால் அந்தப் பொருள் கெட்டியாகவும் உரமாகவும் இருக்கும். இதுபோன்ற பொருளை உருக வைப்பதும் கடினம். திடப் பொருள்களில் படிகப் பொருள்கள் (crystals) என்றும் படிகம் அல்லாதவை(non crystalline) என்றும் இரண்டு வகைகள் உண்டு. படிகப் பொருள்களிலுள்ள அணுக்களின் கவர்ச்சி சக்தி அதிக வலிமையுடன் இருக்கும். இந்தச் சக்தியைச் சிறிதும் குறைப்பது முடியாத காரியம். வைரம் (diamond) போன்ற பொருள்களை எவ்வளவு உயர்ந்த சூட்டில் காய்ச்சினுலும் உருக வைக்க முடியாது. இவற்றின் தன்மைக்கு விஞ்ஞானிகள் ஓர் உபமானம் கூறுகிருர்கள். எவ்வாறு

படைவீரர்கள் அணிவகுத்து நின்று மிகுந்த ஒற்றுமையுடன் போர்த் தொழில் செய்யப் பழகுகிறார்களோ அவ்வாறே படிகங்களிலுள்ள அணுக்களும் இயங்குகின்றன என்று சொல்லுகிறார்கள். படிகங்களுக்கு என்று சில சிறப்பான இயல்புகள் உண்டு. இவைகளெல்லாம் தனித் தனி வடிவங்களைக் கொண்டிருக்கும். அவற்றின் முகங்கள் வரையறுக்கப்பட்டிருக்கும். ஒவ்வொரு தொகுதிக்கும் இந்த முகங்களின் அமைப்பு ஒவ்வொரு விதமாக இருக்கும். இது போன்ற பல படிக உருத் தொகுதிகள் உண்டு. படிகப் பொருள்களின் பௌதிகக் குணங்கள் வேறு பொருள்களின் குணங்களை விட வேறானவை. அவற்றுள் சிலவற்றை இந்தக் கட்டுரையில் காண்போம்.

பொதுவாக எல்லாத் திடப் பொருள்களும் சூடேறினால் அகற்சி அடைகின்றன. சூடு குறைந்தால் சுருங்குகின்றன என்பது அநுபவ உண்மை. ஒரு திடப் பொருளுக்கு வெப்பம் ஏற்றுவதனால் அதன் நீளம், பரப்பு, பருமன் மூன்றும் பாதிக்கப்படுகின்றன. நீட்சி, பரப்பு அகற்சி, பருமன் அகற்சி மூன்றையும் தனித் தனியே அளவிட்டு அறியலாம். படிகம் அல்லாத பொருளில் இந்த அகற்சியின் அளவு அதன் எல்லாப் பாகங்களிலும் ஒரே மதிப்பாக இருக்கும். ஆனால் படிகத்தின் நீட்சியோ படிகத்தின் வெவ்வேறு பாகங்களில் வெவ்வேறாக இருப்பதைக் கண்டார்கள். அதாவது படிகத்தின் இருசுகள் (crystal axis) இருக்கும் மாதிரிக்குத் தகுந்தவாறு நீட்சியும் மாறுவதைக் கண்டார்கள். மற்றொரு குணத்தைப் பார்ப்போம். "டூர்மலின்" (tourmaline) படிகம் சூடேறியவுடன் காகிதத் துணுக்குகளைத் தன்

னிடம் கவருவதை வெகு காலத்துக்கு முன்பே கண்டார்கள். இந்த இயல்பு மின் சுமையினுல் ஏற்பட்டதே ஆகும். திருந்திய முறையில் பல சோதனைகள் செய்து இந்த இயல்பைப் பற்றிய மற்ற விவரங்களையும் அறிந்தார்கள்.

இந்த இயல்பை நன்ருக எடுத்துக் காட்டச் செய்யப்பட்ட சோதனைகள் ஒன்றில் டூர்மலேன் படிகத்தைச் சுமார் இருநூறு டிகிரிக்குச் சூடேற்றி ஒரு கண்ணுடித் தட்டின்மீது வைத்துக்கொண்டார்கள். மக்னீஸிய உலோக நாடா(magnesium ribbon) ஒன்றைக் கொளுத்தி ஒரு கண்ணுடிப் பாத்திரத்தினுள் வைத்து அது முற்றும் எரிந்து புகையாக மாறியவுடன் கண்ணுடிப் பாத்திரத்தை டூர்மலேன் படிகத்தின் மீது கவிழ்த்து வைத்தார்கள். வைத்தவுடன் புகையாகத் தோன்றிய மக்னீஸிய தீயதை(magnesium Oxide)டூர்மலேன்மீதும் அதன் பக்கங்களிலும் படிந்து நிற்பதைக் கண்டார்கள். ஒரு காந்தச் சட்டத்தின்மீது அரத் தூளைத் தூவினுல் அரத் தூள்களெல்லாம் எவ்வாறு காந்த சக்தி வரைகளின்மீது படிந்து நிற்கின்றனவோ அவ்வாறே மக்னீஸிய தீயதையும் டூர்மலேன் படிகத்தின்மீது படிந்து நிற்பதைப் பார்த்தார்கள். இதனுல் டூர்மலேன் மின்புலச் சூட்டினுல் ஏற்படுகிறது என்பதை அறிந்தார்கள். பிற படிகங்களும் சூடேற்றியவுடன் இவ்வியல்பைப் பெறுவதையும் கண்டார்கள். இந்த இயல்புக்கு வெப்ப மின்சாரவிளேவு (pyro-electricity) என்றும் பெயர் உண்டு. படிகங்களின் மற்ருெரு குணத்தைப் பார்ப்போம். படிகங்களேச் சூடேற்றுவதற்குப் பதிலாக அமுக்கினுல் அப்பொழுதும் அவற்றின்மீது மின் சுமை தோன்றுவதைக் கண்டார்கள்.

முதல் முதலில் இதைக் கண்டவர் குயிரி(curie)என்ற விஞ்ஞானியே ஆவர். இதற்கு அமுக்க மின்சார விளைவு (piezo electricity) என்று பெயரிட்டார்கள். படிகங்களை அமுக்குவதற்குப் பதிலாக அவற்றின்மீது மின் சுமையை ஏற்றினுல் படிகங்களின் நீளமும் அகலமும் மாறுவதைக் கண்டார்கள். டூர்மலேன், குவார்ட்ஸ் போன்ற படிகங்களில் ஒரு சில்லை எடுத்துக்கொண்டு அதை இரண்டு உலோகத் தகடுகளுக்கிடையே பொருத்தி வைத்துக்கொண்டு தகடுகளின் மீது ஒரு மாறு மின் மட்ட வேற்றுமையை (alternating current voltage)ஏற்படுத்தியவுடன் படிகம் மாறி மாறி நீண்டு சுருங்கித் துடிப்பதைக் கண்டார்கள். இந்தத் துடிப்புகளின் உதவியைக் கொண்டே கடல் மூழ்கிக் கப்பல் (submarine)களின் போக்கைக் கண்டுபிடிக்கிருர்கள். இது போல வேறு துறைகளிலும் படிகத் துடிப்புகள் பயன்பட்டு வருகின்றன.

இனிப் படிகங்களில் ஒளியின் போக்கைப்பற்றிய சில விவரங்களைக் கவனிப்போம். ஒளிக்கிரணம் ஒரு யானத்(medium)திலிருந்து மற்ருெரு யானத்திற்குச் சென்ருல் அதன் திசை மாறுகிறது. இந்தத் திசை வேறுபாட்டை, ஒளிக்கோட்டம் (refraction) என்று கூறுவார்கள். ஒளிக்கிரணங்கள் எல்லாம் நேர்க் கோடுகளிலேயே செல்லுவதை அனைவரும் பார்த்திருக்கலாம். ஒரு கண்ணுடித் துண்டின் மீது ஒளிக்கிரணம் ஒன்று விழுவதாகக் கொள்வோம். இவ்வாறு மோதிய கிரணம் கண்ணுடியினுள் செல்லும்போது திசை மாறி வேருெரு திசையில் செல்லும். இப்பொழுது இந்தக் கிரணத்தைக் கோடிய கிரணம் என்று கூறுவார்கள். ஒளியின் கதி (velocity

of light) காற்றிலும் கண்ணுடியிலும் வெவ்வேறு மதிப்பைக் கொண்டிருப்பதால்தான் இந்தத் திசை வேறுபாடு ஏற்பட்டது. மேலும் இத்திசை வேறு பாட்டின் அளவு இரண்டு யானங்களிலும் ஒளியின் கதிகளுக்கு உண்டான தகவைப் பொறுத்திருக்கும்.

ஒவ்வொரு மோதும் கிரணத்துக்கும் ஒரு கோடிய கிரணம் ஏற்பட்டு ஒளி செல்லும். கண்ணுடித் துண்டின்மீது ஒளிக் கிரணம் விழுவதற்குப் பதிலாகப் படிகத் துண்டின்மீது விழுவதாகக் கொள்வோம். அப்பொழுது ஒரு கோடிய கிரணத்துக்குப் பதிலாக இரண்டு கோடிய கிரணங்கள் உண்டாவதைக் கண்டார்கள். இந்த விளைவிற்கு இரட்டைக் கோட்டம் (double refraction) என்று பெயரிட்டார்கள். ஆனுல் படிகத்தின் இருசின் வழியாகச் செல்லும் போது இரண்டு கோடிய கிரணங்களும் ஒன்ருகவே செல்லுவதைக் கண்டார்கள். இந்தச் சோதனைகளின் விளைவாகப் படிகத்தினூடே ஒளி செல்லும் கதி அதன் திசையைப் பொறுத்திருக்கிறது என்பதை அறிந்தார்கள். படிகம் அல்லாத பொருள்களில் ஒளி எத் திசையில் சென்ருலும் அதன் கதி ஒன்ருகவே இருக்கும்.

கோடிய கிரணங்களின் தன்மையைப் பற்றிப் புதிதாகச் சில உண்மைகளைக் கண்டார்கள். இதை விளக்குவோம். ஒளிக் கிரணங்களெல்லாம் பிரபஞ்சம் எங்கும் பரவி நிற்கும் விசும்பில் ஏற்படும் அலைகளே ஆகும். அலைகளில் குறுக்கலைகள் (transverse waves) என்றும் நெட்டலைகள் (longitudinal waves) என்றும் இரண்டு வகைகள் உண்டு. தண்ணீர்ப் பரப்பின்மீது செல்லும் அலைகள் முதல் வகையைச் சேர்ந்தவை. காற்

றில் செல்லும் ஒலி அலைகள் இரண்டாவது வகையைச் சேர்ந்தவை. நீர்ப் பரப்பில் அலைகள் நாற்புறமும் பரவிச் சென்றாலும் ஒவ்வொரு நீர்த்துகளும், தான் இருக்கும் இடத்திலேயே நின்றுகொண்டு மேலுங் கீழுமாக மட்டுமே ஆடுகிறது. நீர்ப் பரப்பில் ஒரு நெட்டித் துண்டை மிதக்கவிட்டு அதன் அடியில் அலைகள் செல்லும்போது அந்தத் துண்டு மேலுங் கீழுமாக ஆடுவதைப் பார்க்கலாம். இதனால் குறுக்கலைகள் ஒரு யானத்தில் செல்லுங்கால் யானத்தின் ஒவ்வொரு துகளும் அலை செல்லும் திசைக்குக் குறுக்காகவே இயங்கும் என்று உணரலாம். நெட்டலைகள் என்ற மற்றொரு வகை அலைகள் பரவும்போது யானத்தின் துகள் ஒவ்வொன்றும் குறுக்கலைகளில் துடிப்பதைப் போன்று அலை செல்லும் திசைக்குக் குறுக்கே துடிக்காமல் அலைசெல்லும் திசையிலேயே துடிக்கும். வாயுக்களில் இந்த இரண்டாவது வகை அலைகளே பரவக் கூடும்.

எங்கும் வியாபித்திருக்கும் விசும்பு வாயுத்தன்மை பெற்றிருக்க வேண்டும் என்று விஞ்ஞானிகள் முதலில் நினைத்தார்கள். இது தவறு என்பதைப் படிகங்களில் சோதனைகள் நடத்தும் போதுதான் உணர்ந்தார்கள். சற்று முன்பு படிகத்தின் மூலமாக ஒளிக் கிரணம் செல்லும்போது இரண்டு கோடிய கிரணங்களாகத் தோன்றுவதைப் பார்த்தோம். இந்தக் கிரணம் ஒவ்வொன்றையும் மற்றொரு படிகத்தின் மூலமாகப் பார்க்கும்போது இரண்டாவது படிகத்தின் நிலைமைக்குத் தகுந்தவாறு சில சமயங்களில் ஒளி வெளிவராமல் தடைப்பட்டுவிடுவதைக் கண்டார்கள். ஒளி அலைகள் குறுக்கலைகளாக இருந்தாலன்றி இந்தச் சம்பவம்

ஏற்படாது. இதனால் ஒளிக் கிரணங்கள் குறுக்கலைக ளாகச் செல்லுவது தெரிந்தது.

படிகங்களில் அணுக்கள் அமைந்திருக்கும் மாதிரியை எக்ஸ் - கிரணங்களைக்கொண்டு சோதனைகள் நடத்தி அறிந்தார்கள். இதன் விளைவாகப் படிகங்களைப்பற்றி அறிந்த விவரங்களுடன் எக்ஸ் - கிரணங்களைப் பற்றியும் அனேக விஷயங்கள் அறியப்பட்டன. எக்ஸ் - கிரணங்கள் சாமானிய ஒளிக் கிரணங்களைப் போலப் பிரதிபலனமும் கோட்டமும் அடைவதில்லை. இவை ஒளிக் கிரணங்களினின்றும் முற்றும் வேறுபட்டவை என்று முதலில் கருதினார்கள்.

படிகங்களைக் கொண்டு, "பிராக்" (Bragg) என்னும் அறிஞர் சோதனை செய்த பின்னரே எக்ஸ் - கிரணங்களும் சாமானிய ஒளிக் கிரணங்கள் போன்ற கிரணங்களே என்றும் அவற்றின் அலை நீளம் சாமானிய ஒளிக் கிரணங்களின் அலை நீளத்தில் சுமார் ஐயாயிரத்தில் ஒரு பங்குகொண்டது என்றும் அறிந்தார்கள். படிகங்களின் அணுக்கள் மிகுந்த கட்டுப்பாட்டுடன் இருப்பதை முன்பு கூறினோம். இந்த அணுக்களெல்லாம் வரிசை வரிசையாக அமைந்திருக்கின்றன. அணுக்களின் இடைத் தூரம் ஏறக்குறைய எக்ஸ் - கிரணங்களின் அலை நீளத்தின் அளவே உள்ளது.

ஒரு குறிப்பிட்ட திசையிலிருந்து எக்ஸ்-கிரணங்கள் படிகத்தின்மீது விழுமானால் முதல் வரிசை, இரண்டாவது வரிசை இம்மாதிரி அடுக்கடுக்காய் அமைந்துள்ள அணுக்களின் வரிசைகளில் பிரதிபலனம் அடைந்து மற்றொரு திசையில் வெளிவரும்போது எல்லாப் பிரதிபலனக் கிரணங்களும் குவிந்தே வெளிவருவதைக் கண்டார்கள். படிகத்தின்மீது சில சில திசைகளில்

எக்ஸ்-கிரணங்கள் விழும்போது மட்டும் இவ்வாறு பிரதிபலனம் ஏற்படுவதைக் கண்டு தக்க சாதனங்களினுல் அந்தத் திசைகளின் இடைக்கோணத்தை அளந்து வரிசையின் இடைத் தூரத்தையும் அறிந்தார்கள். இந்தச் சோதனைகளின் விளைவாகவே படிகத்தில் அணுக்கள் அமைந்துள்ள மாதிரியை அறிய முடிந்தது. படிக முகங்களின் இடைக் கோணமும் அறியப்பட்டது. எல்லாப் படிகங்களையும் சோதனைசெய்து அவற்றை வகைப்படுத்திஞர்கள். எக்ஸ் - கிரணங்களின் துணை இல்லாவிடில் படிகங்களில் உள் அமைப்பைப் பற்றிய விவரம் ஒன்றையும் அறிந்திருக்க முடியாது. சமீபத்தில் நம் நாட்டில் ஸர் ஸி. வி. ராமன் கண்டுபிடித்த ஒளியைக்கொண்டு இந்தப் படிகங்களைச் சோதனை செய்து பின்னும் அனேக விஷயங்கள் அறியப்பட்டன.

பொருள்கள் எல்லாவற்றிலும் வைரம் மிகவும் கடினமான பொருள். வைரத்தை வைரத்தால்தான் அறுக்க முடியும். இயற்கையில் அகப்படும் வைரங்களில் பலவகை உண்டு. தென் ஆப்பிரிக்கா, தென் அமெரிக்கா, இந்தியா முதலிய நாடுகளில் அதிகமாக வைரச் சுரங்கங்கள் காணப்படுகின்றன. சுரங்கங்களில் வைரம் கூழாங்கற்களைப் போல மண்ணுடன் பதிந்து அகப்படுகிறது. அந்த மண்ணை யந்திர உதவியினுல் வெட்டி எடுத்து அதனின்றும் கமலங்களை எடுத்துச் சுத்தி செய்வார்கள். இவற்றைச் சரியாக வெட்டிப் பட்டைபோட்டு மெருகேற்றியதும் இவற்றுக்குப் பிரகாசம் ஏற்படும்.

வைரக் கற்களை விரும்பியபடி எந்த விதமாகவும் அறுக்க முடியாது. அவற்றின் வடிவத்துக்கு ஏற்றபடி சில வாட்டங்களிலேதான் அவற்றைப் பிளக்

கலாம். வைரம் ஒரு திராவகத்திலும் கரைவதில்லை. இதைப் பிராண வாயுவில் சூடுசெய்து அது பற்றி எரிந்து கரியமில வாயுவாக மாறுவதைக் கண்ட "லவாசிரியர்" என்ற விஞ்ஞானி, வைரம் கரியின் ஒரு பேதமே என்பதை எடுத்துக்காட்டினார். வைரத்தைப் போலவே உள்ள வேறொரு பொருள் வரையி (graphite). ஆனால் இதில் உள்ள அணுக்களின் கவர்ச்சி சக்திகள் வெவ்வேறானவை. வைரத்தைப் போல் அல்லாமல் வரையி ஒரு நல்ல மின்சார உகைவி (conductor). வைரத்தின் மூலமாக எக்ஸ்-கிரணங்கள் ஊடுருவிச் செல்லும். இதைக்கொண்டு போலி வைரங்களைக் கண்டு பிடித்துவிடலாம். வைரத்தைச் சற்று நேரம் சூரிய வெளிச்சத்தில் காண்பித்துவிட்டு இருட்டறைக்கு எடுத்துச் சென்றால் அது மிகுந்த பிரகாசத்துடன் ஜ்வலிப்பதைக் கண்டார்கள். இவ்வாறு வெளிவரும் ஒளியின் நிறம் வைரத்துக்கு வைரம் வேறுபடுவதையும் கண்டார்கள்: நீலம், சிவப்பு, பச்சை முதலிய நிறங்களுடன் ஜ்வலிக்கின்றன. முதல்தர வைரத்துக்கு இந்தத் தன்மை இல்லாமல் இருப்பதைக் கண்டார்கள். படிகங்கள் எல்லாவற்றைக் காட்டிலும் வைரத்தின் அணுக்களின் அமைப்பு அறிவதற்கு மிக எளிதாகும். எக்ஸ் - கிரணங்கள், ராமன் ஒளி முதலியவற்றைக் கொண்டு இந்த அணுக்களின் அமைப்பைச் சோதித்து, திடப் பொருள்களுக்குண்டான இயல்புகள் பலவற்றை அறிந்துவருகிறார்கள். இது சம்பந்தமாக நம் நாட்டுப் பேரறிஞர் ஸர் ஸி. வி. ராமன் அவர்கள் அனேக விவரங்களைக் கண்டறிந்து வெளியிட்டு வருகிறார்.

நக்ஷத்திரங்கள்

நிலா வெளிச்சம் இல்லாதபொழுது ஆகாயத்தைக் கவனித்தால் எண்ணற்ற நக்ஷத்திரங்கள் மினுமினுப்பதைப் பார்க்கலாம். இவைகளைச் சோதனை செய்யப் பௌதிக சாதனங்கள் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட பின்னரே இவற்றைப் பற்றிய திட்டமான அறிவு ஏற்பட்டது. வானத்தில் உள்ள எல்லா நக்ஷத்திரங்களையும் நாம் கண்ணால் காண முடியாது. நம்முடைய கண்ணுக்குத் தோன்றாவிடினும் சில நக்ஷத்திரங்கள் மிகப் பெரியனவாக இருப்பதைச் சோதனை வாயிலாகக் கண்டார்கள். அவை அளவு கடந்த தூரத்தில் இருப்பதால் அவற்றின் ஒளி நம்மை அடைவதற்கு வேண்டிய பிரகாசம் இல்லாமல் போவதே இதற்குக் காரணம். கண்களுக்குப் புலப்படும் நக்ஷத்திரங்கள் பல மாதிரியாகப் பிரகாசிப்பதை அறிந்தார்கள். இவற்றின் ஒளியின் நிறமும் வேறுபடுவதைப் பார்த்தார்கள். நக்ஷத்திரங்களின் பிரகாசத்தை அளவிட்டு முதல் வகுப்பு நக்ஷத்திரங்கள் என்றும், இரண்டாவது வகுப்பு நக்ஷத்திரங்கள் என்றும், மூன்றாவது வகுப்பு நக்ஷத்திரங்கள் என்றும் அவற்றை வகைப்படுத்தி யிருக்கிறார்கள். நக்ஷத்திரங்களின் பிரகாசம், தூரம், நிறை, பருமன் முதலிய விவரங்களை எவ்வாறு அறிந்தார்கள் என்பதை இந்தக் கட்டுரையில் கவனிப்போம். அதற்கு முன்பு அவற்றைச் சோதிப்ப

தற்கு உண்டான தூரதரிசினியைப் பற்றியும், நிற மாலை மானியைப் பற்றியும் சிறிது கூறுவோம்.

வான நூல் அறிஞர்கள் உபயோகிக்கும் கருவி களில் தூரதரிசினியே (Telescope) முக்கியமானது. இதில் இரண்டு வகை உண்டு. முதல் வகையில் உள்ள பகுதிகள் வில்லைகளாக (Lenses) இருக்கும். இவற் றில் ஒன்று நீண்ட குவிய நீளமுடைய (Focal length) குவி வில்லையின் சேர்க்கையாக இருக்கும். இதற்குப் பொருட் பகுதி (object glass) என்று பெயர். மற் ெறான்று குறுகிய குவிய நீளமுள்ள குவி வில்லையின் சேர்க்கையாக இருக்கும். இதற்குக் காட்சிப் பகுதி (Eye piece) என்று பெயர். நீண்ட குவிய நீளமுள்ள பொருட் பகுதி தொலைவிலுள்ள ஒரு பொருளின் சுருங்கிய படிவத்தை உண்டாக்குகிறது. இந்தப் படி வம் குறுகிய குவி நீளம் கொண்ட காட்சிப் பகுதியினால் பெருக்கப்பட்டு, பொருளின் விரிந்த படிவம் ஒன்று காட்சிப் பகுதியின் வழியாகப் பார்க்கும் ஒருவனுக் குத் தோன்றுகிறது. இரண்டாவது வகைத் தூரதரிசி னியில் பொருட் பகுதிக்குப் பதிலாகப் பெரியதொரு குழியாடி (Concave mirror)யை உபயோகித்துப் படிவத்தை உண்டாக்குவது வழக்கம்.

சமீப காலம் வரையில் இந்த இரண்டாவது வகைத் தூரதரிசினியையே வான நூல் அறிஞர்கள் கையாண்டுவந்தார்கள். இதற்குக் காரணம் வில்லை களின் சில கெடுதல்களே ஆகும். வில்லைகளுக்கு உண் டான நிறப்பிறழ்ச்சி (Chromatic aberration) உருட்சிப் பழுது (Spherical aberration) முதலிய கெடுதல்களை நிவர்த்தி செய்த பொருட் பகுதியும் காட்சிப் பகுதியும் கொண்ட முதல் வகைத் தூரதரிசினிகளே தற்காலம்

வான சோதனை நிலயங்களில் உபயோகப்பட்டு வருகின்றன. இவ்வகைத் தூரதரிசினியின் பெருக்கத் திறமை (Magnifying power) பொருட் பகுதியின் குவிய நீளத்திற்கும் காட்சிப் பகுதியின் குவிய நீளத் திற்கும் உள்ள தகவே (ratio) என்று சுலபமாகக் காட்டலாம். பல வேறு பெருக்கத் திறமையைப் பெறுவதற்கென்று ஒவ்வொரு தூரதரிசினியுடனும் பல காட்சிப் பகுதிகள் வைக்கப்பட்டிருக்கும். படிவத்தின் பிரகாசம் பொருட் பகுதியின் பரப்பைப் பொறுத்தது. எனவே பொருட் பகுதியின் விட்டம் அதிகமானல் படிவத்தின் பிரகாசமும் அதிகமாகும் என்று அறியலாம். மிகப் பெரிய தூரதரிசினிகளில் ஒன்று அமெரிக்க நாட்டில் காலிபோர்னியாவிலுள்ள சோதனை நிலயத்தில் இருக்கிறது. இதன் பொருட் பகுதியின் விட்டம் நாற்பது அங்குலம் என்றும் குவிய நீளம் அறுபத்தைந்து அடி என்றும் கூறுவர்.

இனி நக்ஷத்திரங்களைச் சோதிப்பதற்கு உண்டான மற்ருெரு விஞ்ஞானக் கருவியைப் பார்ப்போம். இதற்கு நிறமாலை மானி (Spectrometer) என்று பெயர். இதன் தத்துவத்தைச் சிறிது விளக்குவோம். வெண்ணிற ஒளியை ஒரு கண்ணுடி முப்பட்டையின் (Prism) மூலம் செல்லுமாறு செய்து அதில் பல் வேறு நிற ஒளிகள் இருப்பதை நியூட்டன் என்ற பேரறிஞர் முதல் முதலில் கண்டார். இந்த நிறங்களின் வரிசை வான வில்லில் உள்ளதைப் போல இருப்பதைக் காட்டினர். இந்த வரிசைக்கு நிறமாலை (Spectrum) என்று பெயரிட்டார். பொருள்களெல்லாம் சூடேற்றப்பட்டால் தமக்கென்று அமைந்த சிறப்பான ஒளி ஒன்றை வெளியிடுவதைக் கண்டார்

கள். இந்த ஒளியின் நிறமாலையைச் சோதனை செய்து பொருளின் தன்மையை அறிய முடிந்தது. நக்ஷத்திரங்களின் ஒளியை நிறமாலை மானியின் மூலம் சோதனை செய்து அவற்றின் தன்மையை அறிய முதல் முதலில் முன் வந்தவர் பிரான் ஹோபர் என்ற விஞ்ஞானி ஆவர். இவர் கருவியில் சில சீர் திருத்தங்களையும் செய்தார். பின்னர் நிறமாலையைப் போட்டோத் தாளில் பதிவு செய்வதற்கும் தக்க சாதனங்கள் கருவியில் அமைக்கப்பட்டன. இவற்றின் விளைவாக நக்ஷத்திரங்களைப் பற்றிய பல விவரங்கள் தெரிந்தன.

நக்ஷத்திரங்களின் பிரகாசம் வேறுபடுவதற்கு அவற்றின் ஒளிதரு திறமையும் தூரமும் காரணமாக இருக்கின்றன. ஒரு பொருளின் பிரகாசம் தூரத்தினல் எவ்வாறு பாதிக்கப்படுகிறது என்று முதலில் பார்ப்போம். ஓர் ஒளி தரும் பொருளிலிருந்து பத்து அடித் தூரத்தில் ஒரு திரையை வைப்போம். அதன் பரப்பில் விழும் ஒளியினுல் அந்தத் திரையின் பிரகாசம் அமைகிறது. இப்பொழுது திரையைப் பொருளிலிருந்து இருபது அடித் தூரத்துக்கு நகர்த்துவோம். நகர்த்தும்பொழுது திரை அதன் முதல் நிலைக்கு இணையாக இருக்குமாறு செய்யவேண்டும். முதல் நிலையில் திரையின் ஒரு குறிப்பிட்ட பரப்பின் மீது விழுந்த ஒளியே, இண்டாவது நிலையில் அதைப் போன்று நான்கு மடங்கு கொண்ட பரப்பின் மீது விழவேண்டும் என்பதைச் சுலபமாகக் காட்டலாம். எனவே திரையின் பிரகாசம் முதலில் இருந்த பிரகாசத்தில் நான்கில் ஒரு பங்காக ஆகிவிடுகிறது. தூரம் இரண்டு மடங்காக அதிகரிக்கும்போது திரையின்

பிரகாசம் நான்கில் ஒரு மடங்காகக் குறைந்துவிடு கிறது என்பதுதான் இதன் கருத்து. இதை மேற் கொண்ட விதிக்கு வருக்க மறிப்பு விதி (Inverse square law) என்று பெயர். இப்பொழுது திரையை முப்பது அடித் தூரத்துக்கு அப்பால் வைத்தால் அதன் பிர காசம் முதல் நிலையில் இருந்த பிரகாசத்தில் ஒன்பதில் ஒரு பாகமாக இருக்கும் என்று சுலபமாக அறியலாம். இந்த விதியைக் கொண்டு நக்ஷத்திரங்களின் தரா தரத்தை அறியலாம். இதற்கு ஓர் உதாரணத்தைக் கவனிப்போம். எல்லாவற்றைக் காட்டிலும் மிகவும் பிரகாசமாக இருக்கும் ஸிரியஸ் (Sirius) நக்ஷத்திரம் பூமியிலிருந்து ஐந்து கோடியே கோடி மைல் தூரத் தில் இருக்கிறது. சூரியன் பூமியிலிருந்து ஒன்பது கோடி மைல் தூரத்தில் இருக்கிறது. எனவே ஸிரியஸ் சூரியன் இருக்கும் இடத்திலிருந்து சுமார் ஐந்தரை லக்ஷம் மடங்கு அதிகமான தூரத்தில் இருக்கிறது என்று அறியலாம். ஸிரியஸ் இருக்கும் இடத்தில் சூரியன் இருக்குமானால் வருக்க மறிப்பு விதியைக் கொண்டு இரண்டினுடைய பிரகாசத்தையும் ஒப்பிட் டுப் பார்க்கலாம். அவ்வாறு பார்த்தபொழுது சூரி யனை விட ஸிரியஸ் இருபத்தேழு மடங்கு பிரகாச மாய் இருக்கவேண்டும் என்பது தெரியவந்தது.

நக்ஷத்திரங்களின் ஒளிதரு திறமை அவற்றின் பருமனையும் அவை வெளியிடும் ஆற்றலையும் (Energy) பொறுத்திருக்கிறது. ஆற்றல் அதன் சூட்டைப் பொறுத்திருக்கிறது. எனவே நக்ஷத்திரங்கள் வெளி யிடும் ஆற்றலை நாம் அறிவோமானால் அவற்றின் வெப்ப நிலைமையை நாம் ஊகிக்க முடியும். இதுவன்றி அவற் றின் பரப்பையும் தன்மையையுங்கூட அறியமுடியும்.

ஓர் இரும்பு உருண்டையைப் பழுக்கக் காய்ச்சினுல் முதலில் சிவப்பாகத் தோன்றுவதைப் பார்க்கலாம். பின்னும் சூடேற்றினுல் வெண்ணிற ஒளியை அது வெளியிடும். அவ்வப்போது நிறமாலையைப் பரிசோதித்துப் பார்த்தால் முதலில் ஆற்றல் முழுவதும் வெப்பக் கிரணங்களாகப் பரவுவதையும் பின்பு பல்வேறு நிற ஒளிக்கிரணங்களாக மாறுவதையும் காணலாம். நக்ஷத்திரங்களின் ஒளியைப் பரிசோதித்ததில் அவற்றில் சில சிவப்பாக இருப்பதைக் கண்டார்கள். இந்த நக்ஷத்திரங்கள் மிகப் பெரியனவாக இருப்பதையும் அறிந்தார்கள். இவற்றிற்கு அடுத்தபடி நீலமாகத் தோன்றும் சில நடுத்தர நக்ஷத்திரங்களைக் கண்டார்கள். முன்னவற்றைவிட இவை சூடு அதிகம் வாய்ந்திருக்கவேண்டும் என்று அறியலாம். இவற்றிற்கு அடுத்தபடி வேறு வகை நக்ஷத்திரங்களையும் கண்டார்கள். அவை மிகச் சிறியனவாகக் காணப்பட்டன. ஆனுல் அவற்றுள் சில சிவப்பாகத் தோன்றுவதையும் கண்டார்கள்.

ஒவ்வொரு நக்ஷத்திரத்தின் தூரத்தையும் அதன் பிரகாசத்தையும் சுலபமாக அறிந்தார்கள். அதிலிருந்து அது வெளியிடும் மொத்த ஆற்றலைக் கணக்கிடலாம். மேலும் நிறமாலைப் பரிசோதனையிலிருந்து ஒரு சதுர அங்குலம் கொண்ட அதன் பரப்பு வெளியிடும் ஆற்றலையும் அறிந்தார்கள். இவ்விரண்டையும் கொண்டு ஒவ்வொரு நக்ஷத்திரத்தின் விட்டத்தையும் கணக்கிட்டிருக்கிருர்கள்.

பார்வைக்கு ஒன்று போலத் தோன்றுகிற சில நக்ஷத்திரங்கள் உண்மையில் இரண்டு இரண்டு நக்ஷத்திரங்களாக இருப்பதை நிறமாலைச் சோதனை வாயி

லாக அறிந்திருக்கிறார்கள். ஒலியைப்போலவே ஒளியும் அலைகளாகப் பரவுவதால் ஒவ்வொரு நிற ஒளிக்கும் ஒரு சுருதி இருக்கவேண்டும் என்று உணரலாம். இதை அடுக்கு (Frequency) என்றும் கூறுவதுண்டு. ஒலி, ஒளி இரண்டையும் பொறுத்து, 'டாப்ளர்' என்ற விஞ்ஞானி ஓர் அதிசயத்தைக் கண்டார். அதாவது ஒலிக்கும் பொருள் நம்மை நோக்கி ஓடி வரும்போது அதன் சுருதி சற்று உயர்வாகவும் பொருள் நம்மைக் கடந்து செல்லும் போது அதன் சுருதி குறைவாகவும் கேட்பதைக் கண்டார். டாப்ளர் இதன் காரணத்தை அறிந்து, சுருதியின் ஏற்றத் தாழ்வு, ஒலிக்கும் பொருள் செல்லும் வேகத்தின் மீது சார்ந்திருப்பதை எடுத்துக் காட்டினார். ஒலியைப் போல ஒளி விஷயத்திலும் இத்தகைய நிகழ்ச்சி ஏற் படுவதைக் கண்டார்கள். ஒரு நக்ஷத்திரத்தின் ஒளி நிறமாலையைச் சோதித்து அது நம்மை நோக்கியோ அப்புறமாகவோ செல்லும் கதியைக் கணக்கிட் டார்கள்.

இந்த நிகழ்ச்சியைப் பயன்படுத்தி இரட்டை நக்ஷத்திரங்களைக் கண்டுபிடித்தார்கள். இத்தகைய நக்ஷத்திரங்களில் உள்ள இரண்டு நக்ஷத்திரங் களும் நெருங்கி இருப்பதனால் அவற்றிடையே உள்ள பொருட் கவர்ச்சியின் விளைவாக ஒன்றை ஒன்று சுற்றி வருகின்றன. பொருட் கவர்ச்சியினால் கிரகங்களும் நக்ஷத்திரங்களும் சுற்றும்போது ஆயதங் களில் (Ellipses) சஞ்சரிப்பதைக் கெப்ளர், நியூட் டன் முதலிய விஞ்ஞானிகள் உணர்ந்தார்கள். ஆயதங் களின் வடிவம் கவரும் பொருள்களின் நிறைகளினால் எவ்வாறு பாதிக்கப்படுகிறது என்று பார்த்திருக்

கிறார்கள். எனவே ஒன்றைச் சுற்றி மற்றென்று ஓடி வரும் ஆயதத்தை அறிந்தால் கவரும் பொருளின் நிறையைச் சுலபமாகக் கணக்கிட்டுவிடலாம். இந்தக் கருத்தை உபயோகித்து இரட்டை நக்ஷத்திரங்கள் ஒவ்வொன்றின் நிறையையும் அறிந்திருக்கிறார்கள். உதாரணமாக, ஸிரியஸ் நக்ஷத்திரம் இரட்டை நக்ஷத்திரமாக இருப்பது தெரியவந்தது. இத்துடன் இருக்கும் நக்ஷத்திரம் ஸிரியஸைக் காட்டிலும் அளவில் மிகச் சிறியதாக இருப்பதை உணர்ந்தார்கள். அதன் ஒளியும் மிகக் குறைவாக இருப்பதைக் கண்டார்கள். இதை ஒளியற்ற நக்ஷத்திரம் என்றுகூடச் சொல்வதுண்டு. முன் சொன்ன தத்துவத்தினால்தான் இவ்விரு நக்ஷத்திரங்களின் நிறைகளும் அறியப்பட்டன.

கடைசியாக நக்ஷத்திரங்களினுள் நிகழும் விசித்திரங்களைப் பற்றி 'எட்டிங்டன்' போன்ற பேரறிஞர்கள் கூறும் முடிவுகளைப் பார்ப்போம். ஒவ்வொரு நக்ஷத்திரமும் சூடு வெகுவாக உயர்ந்த நிலையில் இருப்பதால் அதன் பொருள் முழுவதும் ஆவி நிலையில் இருக்கிறது என்றும், இதனால் பொருளின் அணுக்கள் எல்லாம் அதீத கதியுடன் அங்கும் இங்கும் சஞ்சரித்துக்கொண்டிருக்கவேண்டும் என்றும் கூறுகிறார்கள். 'பொருட் கவர்ச்சியினால் அணுக்களெல்லாம் நக்ஷத்திரத்தின் மையத்துக்குக் கவரப்படுகின்றன. சூட்டின் விளைவாக அணுக்கள் பெற்றுள்ள ஆற்றலினால் இறுக்கம் அதிகமாகவே அணுக்களெல்லாம் மையத்தினின்று வெளியே தள்ளப்படுகின்றன. இந்த இரண்டு சக்திகளுக்கும் இடையே அணுக்கள் துலைப்பட்டு நிற்கின்றன' என்று கூறுகிறார்கள். அணுக்களுடன் ஆற்றல் மிகுந்த எக்ஸ் - கிரணங்களும் தோன்றுவதை

அறிந்திருக்கிறார்கள். அணுக்களும் ஆற்றல் அதிகம் வாய்ந்த கிரணங்களும் ஒன்றோடொன்று மோதிக் கொள்வதால் அணுக்களில் மாறுதல்கள் உண்டாவதை உணர்ந்தார்கள். ஒவ்வோர் அணுவிலும் மிகை மின்சுமையை ஏற்றுள்ள ஒரு கருவும் அதைச் சூழ்ந்து பல மண்டலங்களிலே ஓடி வரும் மின் உருக்களும் (Electrons) உண்டு என்பதை நாம் அறிவோம். அணுக்களை எக்ஸ் - கிரணங்கள் தாக்கும்போது மின் உருக்கள் எல்லாம் விடுபட்டுச் சிதறுகின்றன என்று கூறுகிறார்கள். எனவே நக்ஷத்திரங்களில் அணுக்கள், மின்னுருக்கள், எக்ஸ் - கிரணங்கள் என்ற மூன்று வகைப் பொருள்களே இருக்கின்றன என்று முடிவு கட்டுகிறார்கள். எக்ஸ் - கிரணங்கள் வெகு காலம் உள்ளேயே சுழன்றுகொண்டிருந்து கடைசியில் நக்ஷத்திரத்தின் மேற் பரப்பை அடையும்பொழுது ஓரளவு ஆற்றலை இழந்து நக்ஷத்திரத்திலிருந்து - எக்ஸ் கிரணங்களைக் காட்டிலும் குறைந்த ஆற்றல் வாய்ந்த ஒளிக் கிரணங்களாக விசும்பில் வியாபிக்கின்றன என்று கூறுகிறார்கள். இதன் விளைவாகவே நமக்கு நக்ஷத்திரம் ஒவ்வொன்றும் புலனாகிறது என்று கருதுகிறார்கள். நாளுக்கு நாள் புதிய விஷயங்கள் அறியப்பட்டு வருகின்றன. இத்தகைய ஆராய்ச்சிகளில் நம் நாட்டு விஞ்ஞானிகளான ஸாஹா, போஸ், சந்திரசேகரன் முதலியவர்களும் ஈடுபட்டு வருகிறார்கள்.

23

மேட்டூர்ச் செயற்கைப் பொருள்கள்

தற்காலம் உலகெங்கும் பொருளாதார நிலைமையை யந்திரங்களே ஆளுகின்றன. யந்திரங்களை எல்லாத் துறைகளிலும் உபயோகிக்கும் தேசங்களே அதிக நாகரிகம் உள்ள தேசங்கள் என்றுகூடக் கருதுகிறார்கள். அவைகளை ஓட்டுவதற்கு வேண்டிய நிலக்கரி, எண்ணெய், மின்சாரம் இவை மலிந்து கிடக்கும் நாடுகளே முன்னணியில் நிற்கின்றன. இத்துடன் வியாபாரப் பண்டங்கள் செய்வதற்கு வேண்டிய மூலப் பொருள்களும் எங்கே கிடைக்கின்றனவோ அந்த நாட்டின் பொருளாதாரம் வெகு சீக்கிரத்தில் உயர்வதற்கு இடம் இருக்கிறது. இந்தியாவின் இயற்கைச் செல்வத்தை அளவிட முடியாது. எல்லாவித மூலப் பொருள்களும் இங்கே அபரிமிதமாகக் கிடைக்கின்றன. மின்சார உற்பத்திக்குவேண்டிய நீர்ச்சக்தி எல்லா இடங்களிலும் வேண்டிய அளவுக்கு அதிகமாகவே கிடைக்கிறது. நாட்டின் சீதோஷ்ண நிலை எல்லா விதச் செயற்கைப் பொருள்களையும் தயாரிப்பதற்கு உபகாரமாக இருக்கிறது. இவ்வளவு சௌகரியம் பெற்றிருந்தும் சிற்சில இடங்களில்தாம் செயற்கைப் பொருள்கள் தயாரிக்கப்பட்டு வருகின்றன. நாட்டின் வறுமையைப் போக்குவதற்கு ஆங்காங்கே தொழிற்

சாலைகள் பலவற்றை ஏற்படுத்திப் பலவிதமான செயற்கைப் பொருள்களைத் தயார் செய்யவேண்டும்.

மேட்டூர் அணையைக் கட்டி, மின்சார உற்பத்திச் சாலையை ஏற்படுத்தியவுடன் சென்னை அரசாங்கத்தார் முதலாளிகளுக்கு என்று ஓர் அறிக்கையை விடுத்தார்கள். அதில் மேட்டூருக்குச் சமீபத்தில் கிடைக்கக்கூடிய மூலப் பொருள்களின் விவரங்களையும், மேட்டூரில் உள்ள நீர் வசதி, இடவசதி இவற்றையும், மின்சார சக்தி குறைந்த விலைக்குக் கிடைப்பதையும் கண்டு, அங்கே தொழிற்சாலைகளை ஏற்படுத்தினால் லாபகரமாய் இருக்கும் என்பதையும் எடுத்துக்கூறியிருந்தார்கள். முக்கியமாக அங்கே நூல் நூற்பதற்கும் நெய்வதற்கும், சோடாக்காரம் (Caustic Soda), சலவைச் சூரணம் (Bleaching Powder) போன்ற ரசாயனப் பொருள்கள் செய்வதற்கும் ஆலைகள் ஏற்படுத்துமாறு சொல்லியிருந்தார்கள். இதன் விளைவாகவே "மேட்டூர் கெமிகல்ஸ்" என்ற தொழிற்சாலையும் "மேட்டூர் டெக்ஸ்டைல்ஸ்" என்ற பஞ்சாலையும் உடனே ஏற்பட்டன. சமீபத்தில் சந்தன எண்ணெய் தயாரிப்பதற்கும் ஒரு தொழிற்சாலை ஏற்பட்டிருக்கிறது. இந்தத் தொழிற்சாலைகளில் தயாராகும் செயற்கைப் பொருள்களைப் பற்றியும் அவை தயாரிக்கப்படும் முறைகளைப்பற்றியும் சிறிது கூறுவோம்.

"மேட்டூர் கெமிகல்ஸ்" என்னும் தொழிற்சாலையை லக்ஷக்கணக்கான ரூபாய் செலவிட்டு ஏற்படுத்தியிருக்கிறார்கள். இதிலுள்ள யந்திரங்களை ஓட்டுவதற்கு மேட்டூர் மின்சார நிலயத்திலிருந்து, "பதினோராயிரம் வோல்ட்" (*11,000* Volt) மின்மட்ட வேற்றுமை (Electro-motive force) யுள்ள மாறு மின்

ஞேட்ட அருவியைப் (Alternating Current) பெற்று, தொழிற்சாலையில் பிரத்தியேகமாக உள்ள ஒரு கட்டிடத்தில் இதன் மட்ட வேற்றுமையை நானூற்றுநாற்பது வோல்ட்டாக(440 Volt)க் குறைத்துக்கொண்டு, அருவியை நேர்மின் அருவியாக (Direct current) மாற்றிக்கொள்ளுகிருர்கள். காவேரி ஆற்றிலிருந்து நீரைக் குழாய்களின் மூலமாகக் கொண்டுவந்து சுத்தி செய்தபின் உபயோகிக்கிருர்கள். இங்கே தயாரிக்கப்படும் செயற்கைப் பொருள்களில் முக்கியமானவை, சோடாக்காரம் (Caustic Soda), சலவைச் சூரணம் (Bleaching Powder), நீரக ஹரிதகக் காடி (Hydro chloric acid), ஹரிதகத் திரவம் (Liquid chloric) இவை ஆகும். இவற்றைத் தவிர "வனஸ்பதி" என்று கூறப்படும் ஒருவித நெய்யையும், "காவேரி" மார்க்குச் சோப்பையும் தயாரிக்கிருர்கள்.

முதலில் சோடாக்காரம் தயாரிக்கப்படும் விதத்தைக் கவனிப்போம். வளாவிய காடி (Dilute acid) அல்லது உலோக உப்புக்கரை நீர் வழியாக ஒரு நேர்மின் அருவியைச் செலுத்திஞல், அந்தத் திரவம் பிரிந்துவிடும். இந்த நிகழ்ச்சியை மின் ஊட்டம்(Electrolysis) என்று கூறுவார்கள். உதாரணமாக, நாம் வீடுகளில் உபயோகிக்கும் உப்பை எடுத்து நீரில் கரைத்து, அந்தத் திரவத்திஞள் இரண்டு உலோகத் தகடுகளை வைத்து, அவற்றின் மூலமாக ஒரு மின் அருவியைச் செலுத்திஞல், தகடுகளிலிருந்து வாயுக் குமிழிகள் கொப்புளித்து வருவதைக் காணலாம்.

இவற்றைச் சோதனை செய்து ஒரு தகட்டின் அருகே வெளிவரும் வாயு, நீரகம் (Hydrogen) என்றும் காட்டலாம். பாத்திரத்தில் எஞ்சி நிற்கும்

திரவம் சோடாக் காரமும் உப்பும் சேர்ந்த கலவை யாய் இருக்கும். இந்தக் கலவையைக் காய்ச்சி உப்பையும் சோடாக் காரத்தையும் தனித் தனியே பிரித்துவிடலாம். எனவே சாதாரண உப்புக் கரை நீரிலிருந்து மின் ஊட்டத்தின் உதவியால் நீரகம், ஹரி தகம், சோடாக்காரம் ஆகிய மூன்று பொருள்களை யும் பெறலாம் என்பதை அறியலாம். மேட்டூர் ரசாய னத் தொழிற்சாலையில் இந்த முறையைத்தான் உப யோகிக்கிறார்கள். இவர்கள் வேதாரண்யத்திலிருந்து வரி இல்லாமல், வேண்டிய உப்பைத் தருவித்துக் கொள்ளுகிறார்கள். ஓர் அறையில் உள்ள பெரிய தொட்டிகளில் உப்பை நீரில் கரைத்து, அத்துடன் சில ரசாயனத் திரவங்களைச் சேர்த்து, உப்பு நீரைச் சுத்தி செய்கிறார்கள். பின்பு குழாய்களின் மூல மாகச் சுத்தி செய்த உப்பு நீரை மின் ஊட்டம் நடை பெறுவதற்கான பாத்திரங்களுக்குள் செலுத்து கிறார்கள்.

இந்தப் பாத்திரங்களின் அமைப்பைச் சிறிது கவ னிப்போம். ஒவ்வொன்றும் நேரான வடிவைக்கொண் டிருக்கிறது; இரும்பினால் ஆக்கப்பட்டது. இதன் அடிப் பாகத்திற்குச் சற்று மேலே ஒரு வலை (Grid) பொருத் தப்பட்டிருக்கிறது. இந்த வலையின் மீது பேரியம் ஸல் பேட், கால்ஷியம் ஸல்பேட் என்ற ரசாயனப் பொருள்கள் கலந்ததொரு சாந்து பூசப்பட்டிருக் கிறது. பாத்திரம் இந்த அடைப்பினால் இரண்டு பாகமாகப் பிரிக்கப்படும் என்பதை உணரலாம். அடைப்பின் மேற்புறம் உப்புநீர் நிற்கும். அதனுள் எழுதுகரிக் (Graphite) குச்சிகளை முழுக்கி வைத் திருக்கிறார்கள். இந்தக் குச்சிகளின் சேர்க்கை ஒரு

துருவம் ஆகும். வலை அடைப்பு மற்றொரு துருவம் ஆகும்.

பாத்திரத்திலுள்ள உப்பு நீர், வலை அடைப்பின் மீதுள்ள சாந்தின் வழியாகக் கசிந்து கீழ்ப்பாகத்துக்கு வரும். துருவங்களின் மூலமாக மின்சாரத்தை அனுப்பியவுடன் உப்பு நீரில் மின் ஊட்ட நிகழ்ச்சி ஏற்படுகிறது; நீரகம், ஹரிதகம் இரண்டும் வெளிப்படுகின்றன. இவையே பாத்திரத்தின் அமைப்பும் அதில் நிகழும் சம்பவமும் ஆகும்.

இந்தப் பாத்திரங்கள் பலவற்றை ஒன்றோடொன்று சேர்த்து வைத்திருக்கிறார்கள். குறைத் துருவங்களெல்லாம் ஒன்று சேர்க்கப்பட்டிருக்கின்றன. பாத்திரங்களின் மேல் அறைகளெல்லாம் ஒன்றோடொன்று இணைக்கப்பட் டிருக்கின்றன. அதே மாதிரியாகவே கீழ்ப் பாகங்களும் ஒன்றோடு ஒன்று இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. எல்லாப் பாத்திரங்களிலும் ஒரே அளவுக்கு நிற்குமாறு உப்பு நீர் செலுத்தப்படுகிறது. பிறகு துருவங்களின் மூலமாக மின்சாரத்தைச் செலுத்துகிறார்கள். மின் ஊட்டம் உண்டாகிறது. வெளி வரும் நீரகத்தையும் ஹரிதகத்தையும் குழாய்களின் மூலமாக வெவ்வேறு இடங்களுக்கு அனுப்பி விடுகிறார்கள். பாத்திரங்களின் அடியிலுள்ள கலவை நீரை வேறோர் இடத்துக்குக் கொண்டுபோகிறார்கள். கலவை நீரைக் காய்ச்சிச் சோடாக்காரமாகவும் உப்பாகவும் பிரித்து விடுகிறார்கள். பிரிந்து வந்த உப்பை மறுபடியும் உபயோகிக்கிறார்கள். சோடாக்கார நீரை வேறோர் அறைக்குக் கொண்டுபோய்க் காய்ச்சிக் குளிர்வித்துக் கட்டிப் பொருளாக மாற்றிவிடுகிறார்கள். ஒவ்வொரு

நாளும் நாலரை டன் அளவுக்கு இந்தச் செயற்கைப் பொருளைத் தயாரிக்கிறார்கள். இந்தப் பொருள் சலவைச் சாலைகளிலும் சாயமிடும் சாலைகளிலும் கெட்டிச் சவுக்காரங்கள், காகிதக் கூழ், செயற்கைப் பட்டு முதலிய பொருள்கள் செய்யும் இடங்களிலும் அதிகமாக உபயோகப்பட்டு வருகிறது.

அடுத்தபடியாக, சலவைச் சூரணம் தயாராகும் விதத்தைக் கவனிப்போம். ஒவ்வொரு நாளும் எட்டு டன் எடை அளவுக்கு இந்தச் செயற்கைப் பொருளையும் தயார் செய்கிறார்கள். இதைத் தயாரிப்பதற்கு முதலில் சுண்ணும்புக் கல், கிளிஞ்சில் இவற்றை நன்றாகச் சூடு செய்து, வெள்ளை நிறமுள்ள சுண்ணும்புப் பொடியைப் பெறுகிறார்கள். இந்தப் பொடியுடன் நீரைச் சேர்த்து நீற்றின சுண்ணும்பாக மாற்றுகிறார்கள். இந்தப் பொடியுடன் நீர் கலக்கும்போது வெளிப்படும் உஷ்ணத்தைக் குறைப்பதற்கு வேண்டிய ஏற்பாடுகளைச் செய்திருக்கிறார்கள். இவ்வாறு தயாரித்த நீற்றின சுண்ணும்புப் பொடியைப் பல அறைகள் உள்ள ஒரு பெரிய கல் கோபுரத்தினுள் (Tower) அனுப்புகிறார்கள். முன்னர் மின் ஊட்டத்தினால் பெற்ற ஹரிதக வாயுவையும் இந்தக் கோபுரத்தினுள் செலுத்துகிறார்கள். சுண்ணும்பு வெகு ஆவலுடன் ஹரிதக வாயுவுடன் கலக்கிறது. சுண்ணும்பைக் கிளறிக்கொண்டே இருப்பதற்குத் தக்க துடுப்புகளைக் கோபுரத்தினுள் அமைத்திருக்கிறார்கள். இந்தச் சேர்க்கை முற்றும் ஆவதற்குச் சாதாரணமாகப் பன்னிரண்டு மணி நேரம் பிடிக்கிறதாம்.

இப்படித் தயாரித்த பொருள் மிருதுவாகவும் வெண்ணிறமாகவும் இருக்கும். இதில் ஹரிதக வாயு

வின் மணம் வீசும். இந்தப் பொருள் நூல், துணி, காகிதக் கூழ் முதலியவற்றை வெளுக்க உபயோகப் படுகிறது. தேர், திருவிழா நடக்கும் காலங்களில் டவுன்களில் தெருவுக்குத் தெரு சுகாதாரத்திற்காக முனிசிபல் சிப்பந்திகள் இந்தத் தூளையே தூவுவார் கள். இதிலிருக்கும் ஹரிதக வாயு தொத்து வியாதி களுக்குக் காரணமாயுள்ள கிருமிகளை நாசம் செய்து விடும். தண்ணீரைச் சுத்தி செய்வதற்கும் கிணறு களில் இதைப் போடுவார்கள்.

மேட்டூரில் தயாரிக்கப்படும் மற்றொரு வியாபா ரப் பொருள் ஹரிதக வாயுவாகும். இது எவ்வாறு பெறப்படுகிறது என்று முன்பு பார்த்தோம். இதைத் திரவம் ஆக்கி எஃகுக் குழாய்களில் அடைக்கிறார்கள். சலவைச் சூரணத்தை உபயோகிக்கும் இடங்களில் ஹரிதகத் திரவத்தைத் தற்காலம் உபயோகித்து வருவ தால் இந்தச் செயற்கைப் பொருளும் அதிகமாக வியா பாரம் ஆகிறது. பிரதி தினமும் கால் டன் எடை அளவு ஹரிதகத் திரவத்தைத் தயார் செய்கிறார்கள். சலவைச் சூரணத்திற்கும், ஹரிதகத் திரவத்தைத் தயார் செய்வதற்கும் செலவழிக்கப்பட்டு மிஞ்சிய ஹரிதக வாயுவை நீரக ஹரிதகக் காடி (Hydro chlo - ric acid) செய்வதற்கு உபயோகிக்கிறார்கள். மின் ஊட்டத்தினால் கிடைத்த நீரக வாயுவையும் ஹரிதக வாயுவையும் சேர்த்துக் காடியை முதலில் வாயு நிலை யில் அடைக்கிறார்கள். பின்பு அதை நீருடன் கலந்து அந்தத் திரவத்தைப் புட்டிகளில் அடைத்து வியாபாரத்துக்கு வெளியே அனுப்புகிறார்கள். இந்தக் காடி சாயம் போடுவதற்கும், துணியிலே கறை முத லியவைகளை அச்சிடுவதற்கும் உபயோகப்படுகிறது.

"வனஸ்பதி" என்ற நெய்யும் இங்கே தயாரிக்கப் படுகிறது. தென்னிந்தியாவில் எண்ணெய் வித்துக்கள் ஏராளமாய்க் கிடைக்கின்றன. சமீப காலம் வரையில் இவற்றை அமெரிக்கா முதலிய நாடுகளுக்கு ஏற்றுமதி செய்துவந்தோம். மேனுட்டார்கள் இவற்ருல் சோப்புகள், வாசனைத் தைலங்கள் முதலிய சாமான்களைத் தயாரித்து இங்கே அனுப்புவார்கள். இந்த நிலைமை தற்காலம் ஓரளவுக்கு மாறியிருக்கிறது. இந்தியாவிலேயே இப்பொழுது இந்தப் பொருள்கள் தயாராகி வருகின்றன. மேட்டூர்த் தொழிற் சாலையில் தென்னுர்க்காட்டு ஜில்லாவில் ஏராளமாய்க் கிடைக்கும் வேர்க்கடலை பயன்பட்டு வருகிறது. இதைக் கொண்டுதான் "வனஸ்பதி"யையும் "காவேரி மார்க்கு"ச் சோப்பையும் தயாரிக்கிருர்கள். மின்சாரத்தின் உதவியைக் கொண்டு வேர்க்கடலையை நசுக்கி, முதலில் எண்ணெயைப் பெறுகிருர்கள். பின்பு இதை நீருடன் கலந்து, சில ரசாயனப் பொருள்களையும் சேர்த்துச் சுத்தி செய்கிருர்கள். சுத்தமான எண்ணெயுடன் நீரக வாயுவைச் சேர்க்கிருர்கள். இதனுல் சாப்பிடக் கூடாத நிலையிலிருந்த எண்ணெய் சாப்பிடக் கூடிய நெய்ச் சத்தாக மாற்றப் படுகிறது. இதைக் குளிர வைத்து, டப்பாக்களில் அடைக்கிருர்கள். ஒவ்வொரு நாளும் பத்து டன் எடையளவு "வனஸ்பதி" தயாராகிவருகிறது. இவை போன்ற தொழிற்சாலைகள் இந்தியாவின் பல இடங்களில் ஏற்பட்டால்தான் நாட்டின் வறுமைப் பிணியை விரட்ட முடியும்.

முற்றும்

○